Universidad Camilo José Cela

Sanitas

PARTE DE Bupa

Corazón y Deporte

sanitas.es

Cátedra Olímpica Marqués de Samaranch

Corazón
y Deporte

Prólogo

La Cátedra Olímpica de la Universidad Camilo José Cela y Sanitas Hospitales han abordado el tema de Corazón y Deporte en esta segunda entrega de la trilogía sobre Deporte y Salud.

Como en la primera edición, que versaba sobre Mujer y Deporte, ambas instituciones han sumado el conocimiento de sus expertos para desgranar los aspectos clave de la salud del corazón y de la práctica deportiva, de cara a que cualquier persona pueda practicar deporte de un modo cardio-protegido, padezca o no alguna condición cardiaca.

La práctica deportiva con moderación mejora nuestro estado de salud y añade beneficios a nuestros sistemas inmunológico, musculoesquelético y, naturalmente, al cardiovascular. Así, el deporte ayuda a prevenir situaciones clínicas indeseadas y nos mantiene libres de enfermedad más tiempo.

Es notorio que la práctica deportiva, tanto deportiva como recreacional, se ha incrementado significativamente en los últimos 30 años.

Pero al elevar la intensidad con la que practicamos deporte también añadimos cierta carga de riesgo que es preciso conocer para prevenir. En el ámbito de la salud de nuestro corazón, los reconocimientos médicos deportivos son el mejor instrumento de prevención. De acuerdo con los datos de la Sociedad Española de Cardiología, más del 90% de las muertes súbitas sucedidas durante la práctica deportiva están relacionadas con un problema cardiaco, que podría haber sido diagnosticado en muchos casos durante un reconocimiento médico deportivo.

En el arco de edades por debajo de los 35 años, la mayoría de los problemas cardiacos se deben a alteraciones congénitas. Si examinamos a personas mayores de 35 años, las causas más frecuentes son enfermedades coronarias desconocidas o no bien valoradas en función del deporte que el paciente deseaba practicar.

La Asociación Americana del Deporte recomienda a todas las personas mayores de 35 años someterse a una prueba de esfuerzo al año para monitorizar su salud. De este modo conocerían mejor los límites de su esfuerzo y podrían planificar su actividad para prevenir más eficientemente posibles situaciones clínicas indeseadas.

Además, estamos convencidos de que esta obra tiene un alto valor como material de consulta y referencia para ayudar, a todos los profesionales de la salud y de la actividad física, en su labor de asesoramiento y recomendación del deporte a personas de distintas edades y condiciones de salud. Por tanto también pretende ser un libro formativo para los deportistas que estén interesados en su salud cardiovascular.

En último lugar, pero no menos importante, hacemos público nuestro agradecimiento a todos los distintos profesionales de especialidades médicas y quirúrgicas que han colaborado en la edición de este libro, por su talento y ayuda desinteresada en la divulgación de su conocimiento en aras de la mejora de la salud cardiovascular de todo tipo de deportistas.

Sin ellos, esta segunda parte de la trilogía Deporte y Salud no vería la luz.

Dr. Miguel Ángel Julve García

Director Ejecutivo
Sanitas Hospitales.
Madrid

Dr. Juan Carlos Segovia Martínez

Director Cátedra Olímpica Marqués de Samaranch.
UCJC. Madrid

Índice

Capítulo 1. Anatomía y Fisiología del sistema cardiovascular. **7**
- Dra. Gisela Feltes Guzmán. Cardiología. Hospital Virgen del Mar, Madrid
- Dr. Iván Núñez Gil. Cardiología. Hospital Clínico San Carlos, Madrid
- Dr. Domingo Marzal Martín. Cardiología. Hospital Virgen del Mar, Madrid
- Dra. Almudena Castro Conde. Cardiología. Hospital Universitario La Paz, Madrid

Capítulo 2. El reconocimiento médico deportivo. Prevención de la muerte súbita y otros eventos cardiovasculares. **21**
- Dr. Francisco Javier López-Silvarrey Varela. Universidad Camilo José Cela. Sannus Clinic Madrid
- Dr. Juan Carlos Segovia Martínez. Universidad Camilo José Cela
- Dr. Juan José Ramos Álvarez. Universidad Camilo José Cela
- Dr. Jose María Villalón Alonso. Sannus Clinic Madrid

Capítulo 3. Adaptaciones del corazón al esfuerzo. Valoración funcional del deportista y enfermo cardiovascular. **57**
- Dr. Juan Carlos Segovia Martínez. Universidad Camilo José Cela
- Dr. Francisco Javier López-Silvarrey. Universidad Camilo José Cela
- Dr. Juan José Ramos Álvarez. Universidad Camilo José Cela
- Dr. Julio César Legido Arce. Catedrático Emérito de Fisiología del Ejercicio

Capítulo 4. Muerte súbita en deportista. **81**
- Dr. Daniel Rodríguez Muñoz. Cardiología Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Dr. Diego Jiménez Sánchez. Cardiología Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Dr. José Luis Zamorano Gómez. Cardiología Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela

Capítulo 5. Consejo genético. **99**
- Dr. Luis Izquierdo López. Hospital Universitario Sanitas La Moraleja

Capítulo 6. Corazón y Actividad Física en la Etapa Senior. **117**
- Dr Carlos de la Fuente Gutiérrez. Geriatría. Hospital Virgen del Mar
- Dr. Joaquín Solís Jiménez. Geriatría. Hospital Virgen del Mar
- Dra. María Eugenia García Ramirez. Geriatría. Hospital Virgen del Mar

Capítulo 7. Cardiología del deporte en el niño sano. **153**
- Dra. Rocío Tamariz-Martel Moreno. Cardiología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal
- Dra. Natalia Rivero Jiménez. Cardiología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal
- Dr. Camilo López Socarrás Cardiología Pediátrica. Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Dr. Federico Gutiérrez-Larraya Aguado. Cardiología Pediátrica. Hospital La Paz

Capítulo 8. Cardiología del deporte en el niño con cardiopatía. **167**
- Dr. Camilo López Socarrás Cardiología Pediátrica. Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Dr. Federico Gutiérrez-Larraya Aguado. Cardiología Pediátrica. Hospital La Paz
- Dra. Rocío Tamariz-Martel Moreno. Cardiología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal
- Dra. Natalia Rivero Jiménez. Cardiología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal

Capítulo 9. El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con factores de riesgo cardiovascular. Hipertensión arterial. Diabetes. Hipercolesterolemia. **179**
- Dra. María del Carmen León del Pino. Especialista en Cardiología. Campus Universitario Sanitas La Moraleja

- Dra. Laura Guerrero Casanova. Especialista en Endocrinología y Nutrición. Campus Universitario Sanitas La Moraleja
- Dra. Marta Carrasco de la Fuente. Especialista en Endocrinología y Nutrición. Campus Universitario Sanitas La Moraleja
- Vanesa de la Fuente Díaz. Diplomada en Nutrición Humana y Dietética. Campus Universitario Sanitas La Moraleja

Capítulo 10. El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Cardiopatía isquémica. **199**
- Dr. Domingo Marzal Martín. Cardiología. Hospital Virgen del Mar, Madrid
- Dra. Almudena Castro Conde. Cardiología. Hospital Universitario La Paz, Madrid
- Dra. Gisela Feltes Guzmán. Cardiología. Hospital Virgen del Mar, Madrid
- Dr. Iván Núñez Gil. Cardiología. Hospital Clínico San Carlos, Madrid

Capítulo 11. El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Insuficiencia cardíaca. Valvulopatías y arritmia y ejercicio físico. **217**
- Dra. Vanesa Monivas
- Dra. Alejandra Restrepo Córdoba
- Dr. Pham Trung Chinh

Capítulo 12. Fisiología pulmonar del ejercicio y de la conexión con el corazón sano y músculo y el de las distintas patologías respiratorias en el corazón enfermo: aquí incluimos EPOC, Asma, Bronquiectasias, EPID, enfermos con oxigenoterapia continua domiciliaria y en aquellos que padecen SAHS. **251**
- Dr. Manuel J. Callejas Berdonés. Jefe del Servicio de Neumología. Milenium Conde Duque, Las Rozas y Alcorcón
- Dr. Guillermo Doblaré. Neumólogo. Sanitas Milenium Conde Duque
- Dr. Roberto Larrosa Barrero. Neumología. Centro Médico Millenium Las Rozas

Capítulo 13. Estilos de vida saludables de la población activa y deportiva además del ejercicio. Alimentación, Tabaco, Alcohol, Drogas, Fármacos, Sueño, etc. **273**
- Dra. María Santiago Acero. Especialista en Endocrinología y Nutrición. Campus Sanitas La Zarzuela
- Dra. Carolina Medina García. Especialista en Endocrinología y Nutrición. Campus Sanitas La Zarzuela

Capitulo 14. Programas de ejercicios y entrenamiento en el corazón patológico. Rehabilitación Cardiaca. **287**
- Dra. Ana Luisa López Morón. Especialista en Medicina física y Rehabilitación. Jefe de Servicio de Rehabilitación. Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Dr. Sergio Trinidad Quijada. Especialista en Medicina física y Rehabilitación. Jefe de Servicio de Rehabilitación. Hospital Universitario de Torrejón
- Dra. Miriam Santamarta Esquide. Especialista en Medicina física y Rehabilitación. Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela
- Diego Blanco Mariscal. Fisioterapeuta. Hospital Universitario Sanitas La Zarzuela

Capitulo 15. El entrenamiento cardiovascular. **307**
- Dr. Víctor Paredes. Doctor en CCAFyD. Profesor UCJC. Preparador físico del Real Madrid
- Gabriel Calderón. Ldo. en CCAFYD. Responsable Academia Real Betis Balompie
- Gemma Martínez. Ldo. en CCAFYD. UCJC
- Daniel Morales. Ldo. en CCAFYD. UCJC

Bibliografía añadida **353**

Coordinadores de la obra:

Dr. Juan Carlos Segovia Martínez. Universidad Camilo José Cela
Dr. Javier López-Silvarrey Varela. Universidad Camilo José Cela

Capítulo 1

Anatomía y fisiología del sistema cardiovascular

Anatomía y fisiología del sistema cardiovascular

Introducción y generalidades

El sistema cardiovascular o circulatorio se compone de **corazón**, que es su órgano principal, **vasos sanguíneos**, que se dividen en tres tipos principales: las arterias, las venas y los capilares, y las **células sanguíneas**. Su principal función es llevar los **alimentos y el oxígeno** a los tejidos, y recoger los desechos metabólicos que se han de eliminar después en la orina por los riñones así como el aire exhalado en los pulmones, rico en dióxido de carbono.

Desde los albores de la humanidad, ha existido cierta fascinación por dicho sistema, en concreto, por el corazón. Desde muy antiguo han existido denominaciones más o menos precisas para este órgano tan relevante. Así, la palabra sánscrita era **hrid** o **"saltador"** en referencia a los saltos que éste órgano lleva a cabo con los esfuerzos y emociones. En la tradición hindú se representa el centro de energía (chakra) del corazón como un ciervo en actitud de saltar. Parece que una variante de la palabra hrid, dio lugar al término griego **καρδία** y al latino **cor**, de donde derivan los vocablos que empleamos actualmente en nuestro idioma y en muchos otros.

Asimismo, la relevancia de este órgano se ha visto reflejada en representaciones artísticas y simbólicas hace ya 15000 años. Los **primeros modelos cardiacos** conocidos se remontan a los antiguos **egipcios** y **olmecas**. Las culturas antiguas consideraban el corazón como el asiento del alma, el espíritu y la inteligencia. Las primeras expresiones artísticas anatómicas fueron creadas por **Leonardo Da Vinci** en el siglo XV y los primeros modelos en cera fueron desarrollados por anatomistas italianos en el siglo XVII. Desde entonces, el conocimiento médico y la utilización del corazón como figura artística o sentimental no ha parado de crecer, siendo hoy en día un concepto

fundamental, tanto en salud o medicina, como en la cultura y la vida social en general.

En las próximas líneas, esbozaremos los **conceptos principales** de cómo es y cómo funciona el sistema cardiovascular o circulatorio.

El corazón.

Anatomía o ¿cómo es el corazón?

El corazón es un **complejo órgano muscular** cavitado emplazado en el tórax, en el mediastino medio, ligeramente hacia el lado izquierdo, apoyado en el diafragma, cuya principal función es ser la **bomba que mueve la sangre por los vasos sanguíneos** de manera que lleguen adecuadamente los elementos nutricionales y el oxígeno que este fluido porta a todos los tejidos del organismo. Del tamaño aproximadamente de un puño cerrado, puede pesar alrededor de 300 gramos en un hombre adulto, tiene una forma variable en movimiento, pero que cuando está parado se asemeja a una "pirámide triangular", cuyo vértice se dirige hacia abajo, hacia la izquierda y hacia delante.

El corazón se encuentra englobado en una especie de saco (pericardio), que lo rodea como si fuera una bolsa y a través del cual se relaciona con las vísceras adyacentes como por ejemplo los pulmones.

La figura 1 ilustra dichas relaciones.

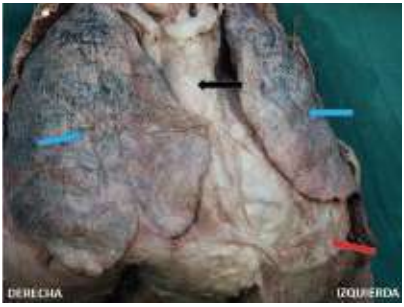


Figura 1.

Figura 1:
Preparación anatómica donde se aprecia el corazón en el centro, envuelto en el **pericardio** y sus relaciones con las vísceras adyacentes. La **flecha roja** señala la punta del **corazón** (apex cordis). Las **flechas azules** marcan los **pulmones**. La **flecha negra** se encuentra a la altura de la **arteria aorta**. El **asterisco** marca el detalle de una **costilla**.

No obstante, hay que añadir que el corazón también posee otras funciones aparte de las meramente circulatorias, destacando la **endocrina** o de producción de **sustancias** relevantes en el funcionamiento del organismo (ej. péptidos natriuréticos...), cuyo repaso excede los propósitos de este capítulo.

En su interior cuenta con **4 cavidades principales, 2 aurículas y 2 ventrículos.** Clásicamente, se ha dividido en cavidades derechas (en el lado derecho y anteriores) e izquierdas (en el lado izquierdo y posteriores). El tránsito sanguíneo de una cavidad a otra del corazón se regula mediante la interposición de una especie de "puertas unidireccionales", las válvulas cardiacas.

El **corazón derecho** está conformado por la aurícula derecha, que recibe la sangre que retorna del resto del cuerpo por las venas cavas y el ventrículo derecho. Ambas cavidades están separadas por la válvula tricúspide. El ventrículo derecho envía la sangre a los pulmones, a través de la válvula pulmonar que comunica con la arteria pulmonar principal y se bifurca en pulmonar derecha e izquierda, respectivamente.

El **corazón izquierdo** cuenta con la aurícula izquierda, que recibe la sangre oxigenada procedente de los pulmones, a través de 4 venas pulmonares, y que comunica con el ventrículo izquierdo por la válvula mitral. El ventrículo izquierdo bombea la sangre a todo el cuerpo, a través de la válvula aórtica, justo detrás de la que se origina la arteria aorta.

Las cavidades principales del corazón y sus válvulas se muestran en la figura 2.

Además, de forma simplificada, es preciso señalar que las cavidades cardiacas tienen 3 capas. La más interior, se conoce como **endocardio**, la media, **miocardio,** principalmente muscular, y la externa, que se conoce como **epicardio**, se encuentra en estrecha relación con el pericardio que rodea el corazón, figura 1.

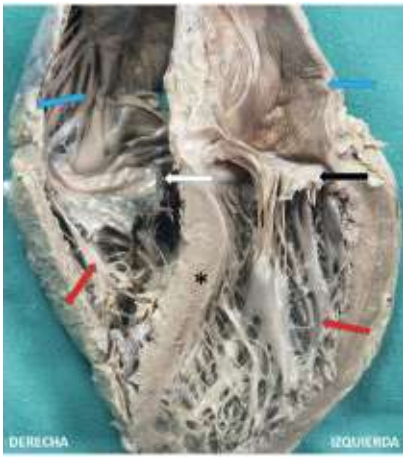


Figura 2.

Figura 2:
Preparación anatómica donde se pueden apreciar las **aurículas** (flechas azules) y los **ventrículos** (flechas rojas). Nótese la importante **trabeculación** y como las cavidades izquierdas, sobre todo el ventrículo, presenta una pared claramente más

gruesa, entre otras diferencias, debido a que esta parte del corazón trabaja con presiones mucho más altas, afrontando la presión arterial. Las otras flechas apuntan a las **válvulas auriculoventriculares**, la **válvula tricúspide** (flecha blanca) en el lado derecho y la mitral en el izquierdo (flecha negra); el asterisco se encuentra en el **septo interventricular**.

Evidentemente, como el resto de órganos, el corazón cuenta con su propio sistema de vasos, arteriales y venosos. Los vasos arteriales, o arterias coronarias que le aportan la sangre oxigenada se originan en la porción inicial de la aorta (gran arteria que surgen del corazón y reparte la sangre por todo el cuerpo, dando lugar a diferentes ramas, véase más adelante), justo después de la válvula aórtica, figura 3.

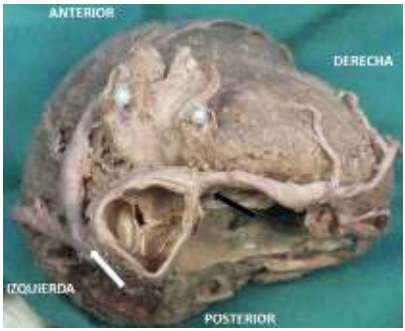


Figura 3.

Figura 3:
Preparación anatómica que muestra en primer plano la **válvula aórtica**, con sus tres valvas y el origen de las arterias coronarias principales. La flecha blanca señala la **arteria coronaria izquierda** y la flecha negra la **arteria derecha**.

Cuando se produce algún estrechamiento u obstrucción a nivel de las mencionadas arterias coronarias se produce la enfermedad conocida como **cardiopatía isquémica**, la responsable de la angina de pecho (dolor) y de los infartos de miocardio (un paso más, que conlleva necrosis o muerte celular).

La anatomía de las arterias coronarias se detalla, de manera simplificada en la figura 4, que muestra unas fotos de **coronariografía** (obtención de imágenes con rayos por cateterismo, introduciendo contraste yodado en los orígenes arteriales u "ostia coronaria").

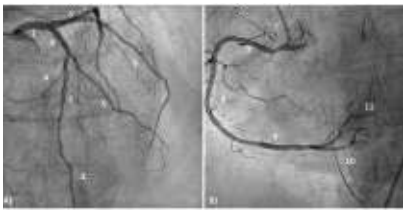


Figura 4.

Figura 4:
Coronariografía sin lesiones significativas.

A) muestra las ramas principales de la coronaria izquierda, que irriga habitualmente más del 75% del miocardio, cara anterior, septo y lateral.

B) presenta las de la coronaria derecha, de la que depende la cara inferoposterior del ventrículo izquierdo y generalmente el ventrículo derecho.

1: Tronco (común) de la coronaria izquierda.

2: Arteria descendente anterior, usualmente ésta es la coronaria que mayor porción de miocardio irriga.

3: Arteria circunfleja, que rodea la válvula mitral.

4: Septal.

5: Ramo diagonal.

6: Ramo obtuso marginal.

7: Porción proximal de la coronaria derecha.

8: Porción medial de la coronaria derecha.

9: Porción distal de la coronaria derecha.

10: Arteria descendente posterior, irriga la cara inferior.

11: Ramo posterolateral.

Una vez que la sangre ha trascurrido por las arterias principales, figura 5, dado que el sistema vascular se va ramificando, como si fuera un árbol, el fluido se adentra en conductos progresivamente menores hasta llegar a unos vasos de muy pequeño tamaño y fina pared. Dichos vasos, los **capilares**, permiten el intercambio de oxígeno y nutrientes, así como de productos de desecho, a nivel celular, para que la sangre que cruza a su través, una vez ha realizado su función, vuelva de nuevo al corazón –a la aurícula derecha- a través de las venas (cavas en la circulación sistémica o seno coronario en la circulación coronaria) que la impulsará de nuevo a los pulmones para que se oxigene de nuevo, vuelva al corazón, esta vez a su lado izquierdo y se repita el ciclo una y otra vez, miles de veces, todos los días. Así los vasos de gran tamaño que salen (o sacan sangre) del corazón se llaman **arterias** y los que regresan (o devuelven la sangre) se conocen como **venas**. Así vemos que la diferencia, tanto anatómica, como funcional, es muy marcada entre arterias y venas.

Figura 5.

Figura 5:
Existen **pruebas diagnósticas** que nos permiten visualizar las **arterias coronarias** en su interior. Esto es útil para diagnosticar problemas a dicho nivel (ej. trombos, disecciones o roturas de pared de los vasos, etc.), cuando no queda muy claro con la coronariografía convencional, como la de la figura. La figura muestra una **imagen tridimensional**, a nivel de la descendente anterior, de una de estas técnicas (tomografía de coherencia óptica u OCT por sus siglas en inglés). La flecha blanca marca la **guía**, una especie de raíl por el que se desplaza la "cámara" que se introduce dentro de la arteria, mediante un **cateterismo**, para obtener las imágenes. La flecha negra señala una **ramificación del vaso**, que en lo que se aprecia en la imagen es de características normales.

Fisiología o ¿cómo funciona el corazón?

El corazón late habitualmente unas **100.000** veces al día, bombeando aproximadamente unos **400 cc de sangre** en cada latido, en un varón adulto, e impulsando, en reposo, unos **5 litros por minuto**, parámetro que se conoce como **gasto cardiaco** y que, en personas entrenadas realizando ejercicio, puede sobrepasar con creces los 20 litros por minuto. Esto da una idea de las enormes cantidades de sangre que un corazón mueve a lo largo de un año, y a lo largo de una vida.

Se trata de una compleja **bomba muscular**, aspirante e impelente, perfectamente adaptada a su función y diseñada para trabajar de forma ininterrumpida. Para poder llevar a cabo su función de bombeo, lógicamente, precisa que su anatomía esté preservada (por ejemplo, miocardio sano, válvulas normofuncionantes) y recibir un aporte sangre adecuado a sus necesidades.

El musculo cardiaco, o **miocardio**, aún muy similar al musculo esquelético (ej. el bíceps del brazo), presenta una serie de peculiaridades, que lo hacen único en el organismo y que explican que sea capaz de llevar a cabo una tarea tan ardua exitosamente. Las células miocárdicas o **miocardiocitos**, se contraen en respuesta a un potencial de acción (estímulo eléctrico).

Este **impulso eléctrico**, de manera muy resumida, hace que la membrana celular se modifique permitiendo el paso a su interior, de unos determinados iones (átomos con carga eléctrica), que interaccionan con diversas estructuras intracelulares

(organelas) haciendo que aumente el calcio (Ca_{2+}) dentro de la célula, el cual se une a una estructura filamentosa en una porción conocida como **troponina**, lo que induce la interacción entre unas proteínas de la mencionada estructura fibrilar (actina y miosina), logrando el acortamiento de la misma (contracción o sístole). Posteriormente y mediante la utilización de energía, se produce la relajación de la **miofibrilla** (diástole), volviéndose al punto de partida, figura 6.

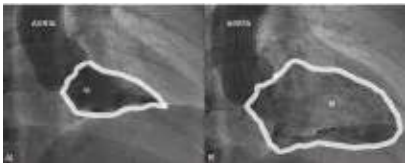


Figura 6.

Figura 6:
Ventriculografía izquierda. Imágenes de cateterismo donde se muestra cómo bombea el corazón, contrayéndose en **sístole** (A) y relajándose posteriormente o **diástole** (B), momento en el que se produce el llenado de sangre del ventrículo y se prepara para el siguiente latido. VI: ventrículo izquierdo.

Para este proceso se necesita energía y oxígeno. Si no es suficiente, no se lleva a cabo adecuadamente, y el corazón no se contrae/relaja bien, fracasando como bomba, lo que es una de las causas de lo que conocemos como insuficiencia cardiaca y puede doler (angina). En fases temporales más avanzadas, si no se restaura el aporte, se produce un infarto porque la célula, que no funcionaba, se muere (necrosis) y se rompe, saliendo parte del contenido celular a la sangre (ej. las troponinas).

Por eso, cuando hay un paciente con un infarto, los médicos medimos dicha **troponina** en sangre para ayudarnos a hacer el diagnóstico así como para estimar el tiempo y el tamaño del infarto.

Para conseguir una contracción efectiva, el corazón presenta un diseño específico, con una conformación de los **miocitos** de una manera determinada y con una anatomía concreta como hemos visto previamente. Para llevar a cabo la contracción de forma eficiente el corazón genera dichos impulsos eléctricos en unos lugares específicos de su anatomía, a una velocidad concreta y reparte la electricidad por una especie de “carreteras eléctricas” que se encuentran entre las fibras musculares, lo que se conoce como sistema de conducción, figura 7, y es el responsable

de que la electricidad pase de unas células a otras ordenadamente, como cuando se hace "la ola" en un campo de fútbol.

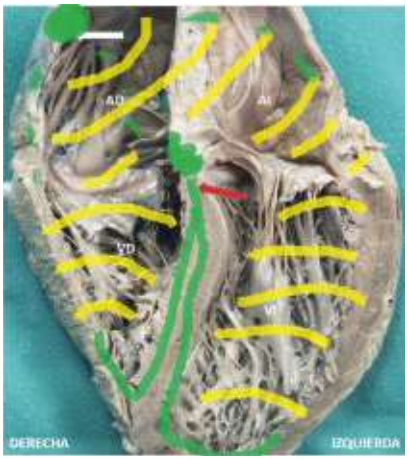


Figura 7.

Figura 7:
Sistema de conducción, que se muestra en verde y supone las zonas de paso preferencial de la electricidad. En condiciones normales, existen unas células en la aurícula derecha (nodo sinusal, flecha blanca) que producen **estímulos eléctricos,** entre **60-100** veces por minuto, en reposo. Dicho impulso se trasmite por las **aurículas**, lo que hace que se **contraigan** (amarillo). Después, la electricidad cruza a los ventrículos unos milisegundos después a través de un pasaje (nodo auriculoventricular y haz de His, flecha roja, que se divide distalmente en rama derecha y en rama izquierda) concreto y se reparte por los ventrículos de una forma intencionada por el **sistema de Purkinje**, lo que hace que éstos se contraigan de abajo arriba (ondas en amarillo) y se bombee la sangre más eficientemente, además de no coincidir en el tiempo con la contracción auricular. AD: aurícula derecha. AI: aurícula izquierda. VD: ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo.

Primero se contraen las aurículas, lo que ayuda a que se llenen de sangre los ventrículos y luego, lo hacen los ventrículos, lo que impulsa la sangre a los pulmones (ventrículo derecho) y al resto del cuerpo (ventrículo izquierdo).

Cuando este **sistema no funciona** adecuadamente, por causas cardiacas o extracardiacas, se producen las **arritmias**. La transmisión de este impulso eléctrico por el sistema de conducción y por los miocitos se puede estudiar por diferentes técnicas y es la idea fundamental del famoso **electrocardiograma**, ampliamente utilizado hoy en día, figuras 8 y 9.

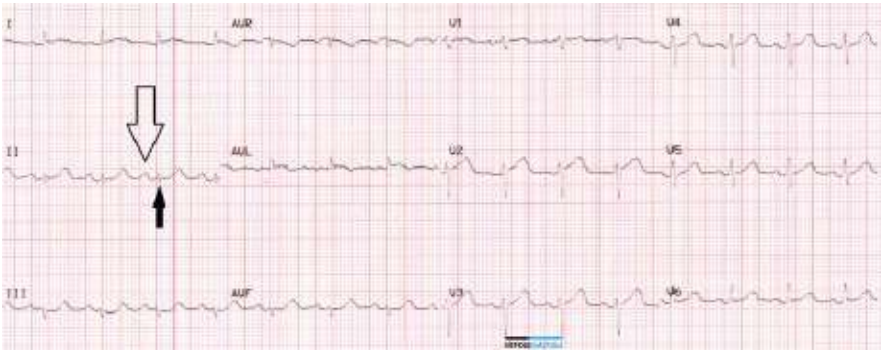


Figura 8.

Figura 8:
Ejemplo de un **electrocardiograma** de superficie, en ritmo sinusal a un poco **menos de 100 latidos** por minuto. El ritmo "normal" del corazón, en el que la parte del corazón que lleva la estimulación es el **nodo sinusal**. Lo sabemos porque hay una onda, la **onda p**, (flecha sin relleno) que marca el comienzo de la contracción auricular y que indica que la electricidad proviene, probablemente, del nodo sinusal. La flecha negra, marca el **complejo QRS**, que corresponde con el inicio de la contracción ventricular (sístole, raya negra abajo). La raya azul, marcaría la **diástole** (relajación ventricular izquierda).

El resto del sistema cardiovascular. Vasos sanguíneos, arterias, venas y capilares

Los **vasos sanguíneos** suponen un medio continuo que debe hacer llegar a todos los tejidos del organismo los **nutrientes** y el **oxígeno** que precisen, a través de la sangre así como retornarla al punto de partida. La sangre pues, el contenido del **sistema circulatorio**, resulta el principal **medio de transporte** a través de todo el organismo de infinidad de sustancias, nutrientes, hormonas, productos de desecho, fármacos y multitud de células, entre las que debemos destacar los leucocitos, responsables de la inmunidad y glóbulos rojos, responsables del transporte de oxígeno, mediante la

hemoglobina que también ocasiona la pigmentación de dicho fluido, lleva a cabo gran cantidad de funciones. La complejidad de la sangre y sus acciones, que aún líquida, es un tejido más, al fin y al cabo, excede los propósitos de este capítulo.

Los **vasos sanguíneos**, que podría decirse que funcionan como tuberías "inteligentes" se dividen en arterias, venas y capilares. Decimos que son inteligentes porque son capaces de **contraerse** y por tanto variar el volumen de líquido que alojan en su interior en función de las necesidades del cuerpo. Así, las **arterias**, con pared usualmente más **muscular**, son vasos principalmente de **conductancia**; los **capilares**, de pequeño tamaño permiten el **intercambio de sustancias** con los tejidos, pues sólo tienen una capa celular (endotelio); se estima que hay más de **60.000 kilómetros de ellos**, en todo el cuerpo. Por último, tenemos las venas, que retornan la sangre al corazón y pueden actúan muchas veces como reservorio de sangre, que se moviliza cuando es necesario.

Así, las **arterias**, que trabajan con presiones mayores (sobre todo las sistémicas) están compuestas por paredes **gruesas y resistentes** y están formadas por tres capas; una interna o **endotelial**, una media con fibras musculares y elásticas; y una externa de fibras **conjuntivas**. La composición exacta varía en función del tamaño y la localización de la arteria, pero la estructura básica es común, figura 9. Algunas técnicas con gran poder de resolución nos permiten apreciar muy bien la mencionada estructura trilaminar de las arterias, en la vida real, figura 10.

Figura 9:
Preparación anatómica que muestra el corazón (abajo) y la emergencia de la arteria aorta que se ha abierto, de forma que se aprecia la estructura macroscópica de su pared y su relación con la arteria principal pulmonar. Las flechas señalan los grandes vasos que surgen

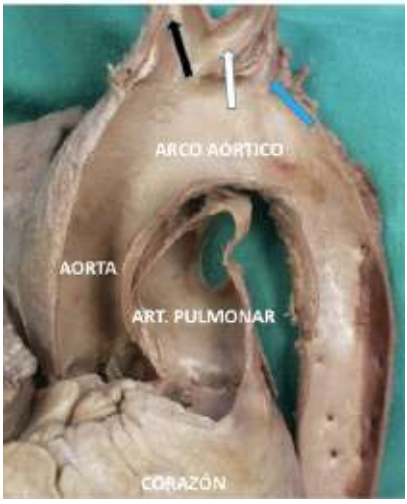


Figura 9.

del arco aórtico, en negro la flecha señala el origen de la **arteria innominada**, la flecha blanca la carótida izquierda y la azul marca el origen de la arteria subclavia izquierda.

Figura 10:
Imagen de **tomografía de coherencia óptica** (OCT por sus siglas en inglés) de una arteria coronaria. La flecha azul señala una zona donde se pueden apreciar perfectamente las **3 capas** que componen la arteria, intima, media –más gruesa y la más externa, la adventicia. La flecha blanca indica la **sonda** que toma las imágenes y el asterisco el artefacto que produce la **guía coronaria** (el raíl) por de donde transcurre la sonda dentro del vaso. Hay que destacar que se observan algunas zonas en la que la clara **diferenciación trilaminar** se ha perdido, por ejemplo, en el cuadrante inferior derecho, hallazgo indicativo de **aterosclerosis incipiente**.

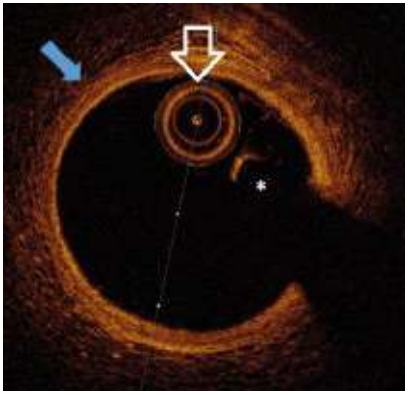


Figura 10.

Con todo, el sistema circulatorio se puede decir que se divide en **dos grandes circuitos**. El primero, de baja presión y menor tamaño, que busca **oxigenar la sangre** se conoce como circulación menor o pulmonar y el otro, la dirigida a **repartir la sangre**, que ya está oxigenada por todo el organismo y de traerla de vuelta al corazón, la circulación sistémica. El corazón es el **punto de confluencia** de ambas circulaciones, figura 11.

Figura 11:
Esquema de la circulación de la sangre. Nótese en rojo las partes del sistema con sangre oxigenada y que las arterias sacan sangre del corazón, mientras que las venas la llevan de vuelta.

Por último, para estudiar estas estructuras, utilizamos

Figura 11.

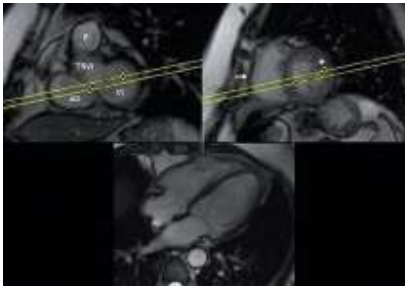


Figura 12.

medios invasivos (por ejemplo coronariografía, como hemos visto) y **no invasivos** (ecocardiograma, tomografía computada, resonancia magnética), figuras 12 y 13.

Figura 12:
Resonancia magnética cardiaca, con programación del plano de en 4 cámaras (abajo) desde el eje corto (arriba). Esta técnica permite estudiar el corazón y las arterias y venas principales, así como las estructuras colindantes con mucha precisión, además de permitir un estudio funcional y sobre todo caracterizar el tejido afectado.

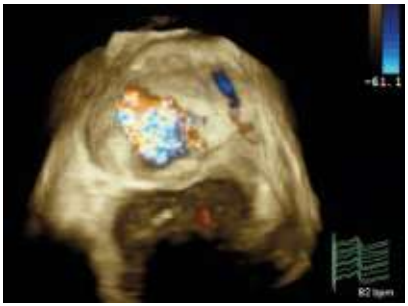


Figura 13.

Figura 13:
Ecocardiograma transesofágico en **3 dimensiones** a nivel de la **válvula mitral**. Debido a la cercanía del esófago, desde esta estructura se puede estudiar el corazón con mucho mayor detalle, introduciendo una sonda a su través. Esta técnica (así como el estudio transtorácico) permite el estudio anatómico y funcional del corazón. Con reconstrucciones en 3 dimensiones es posible analizar las relaciones entre las estructuras y son de especial utilidad de cara a programar cirugías o intervenciones percutáneas que requieren un conocimiento preciso de las mismas previamente.

Capítulo 2

El reconocimiento médico deportivo. Prevención de la muerte súbita y otros eventos cardiovasculares

El reconocimiento médico deportivo. Prevención de la muerte súbita y otros eventos cardiovasculares

Introducción

Beneficios y Riesgos de la actividad, ejercicio físico y deporte

La práctica de una sesión de **ejercicio físico** practicado de forma inadecuada, es decir no consonante con la capacidad física y el perfil clínico del individuo, puede suponer un **riesgo para la salud** e incluso la vida del sujeto (Tabla 1).

El **estrés físico** supone una **sobrecarga** para él deportista que, por diferentes mecanismos fisiológicos, puede actuar como un **desencadenante de eventos cardiovasculares** agudos durante el esfuerzo máximo (Figura 1).

El riesgo relativo de sufrirlo se multiplica entre 2,1 y 16,9 veces, según diferentes estudios científicos (Tabla 2).

Sin embargo, la regularidad en la práctica del ejercicio provoca adaptaciones fisiológicas que preparan al individuo y, reducen el riesgo derivado del estrés físico correspondiente (Figura 2).

Practicados así, son considerados como parte de los **estilos de vida saludable,** y constituyen una herramienta fundamental en la **promoción de la salud** y la **prevención de la enfermedad,** representando a su vez, un arma terapéutica en gran número de patologías y en sus principales factores de riesgo. Consecuentemente, generan una serie de **beneficios** que resumimos en esta introducción (Tabla 3).

En conclusión, la práctica regular, individualizada, ajustada al perfil clínico y funcional de un sujeto, genera una serie de **beneficios** que compensan y superan el riesgo. Por ello debemos **promover su práctica en la población sana y enferma.**

Causa de muerte	Hombre *Male*	Mujer *Female*	Nº	%	*Cause*
Miocard. arritmogénica	7	0	7	13,72	*Arrythmogenic myocardiop*
Miocardiopatía hipertrófica	5	1	6	11,76	*Hypertrophic myocardiop*
Anomalía coronaria	3	2	5	9,8	*Coronary anomalies*
Hipertrofia ventricular izq.	4	0	4	7,84	*Left ventricle hypertrophy*
Estenosis valvular aórtica	3	0	3	5,88	*Aortic valve stenosis*
Miocarditis aguda	2	0	2	3,92	*Acute myocarditits*
Fibrosis cardiaca	2	0	1	3,92	*Cardiac fibrosis*
Disección aórtica	1	0	1	1,96	*Aortic cissection*
Enfermedad atermatosa coronaria	1	0	1	1,96	*Coronary atheroma cisease*
Comunc. interauricular	1	0	1	1,96	*Interatial communication*
Miocarditis crónica	1	0	1	1,96	*Chronic myocarditis*
Golpe de calor	1	0	1	1,96	*Heat stroke*
Miocardiopatía dilatada	1	0	1	1,96	*Dilated myocardiopathy*
Rotura aórtica	1	0	1	1,96	*Aortic rupture*
Accidente cerebro vascular	1	0	1	1,96	*Cerebrovascular accident*
Inexplicada	11	3	14	27,45	*Unexplained*
Total	**46**	**6**	**51**	**100,00**	***Total***

Tabla 1. Riesgos del ejercicio físico y el deporte practicados de forma inadecuada.

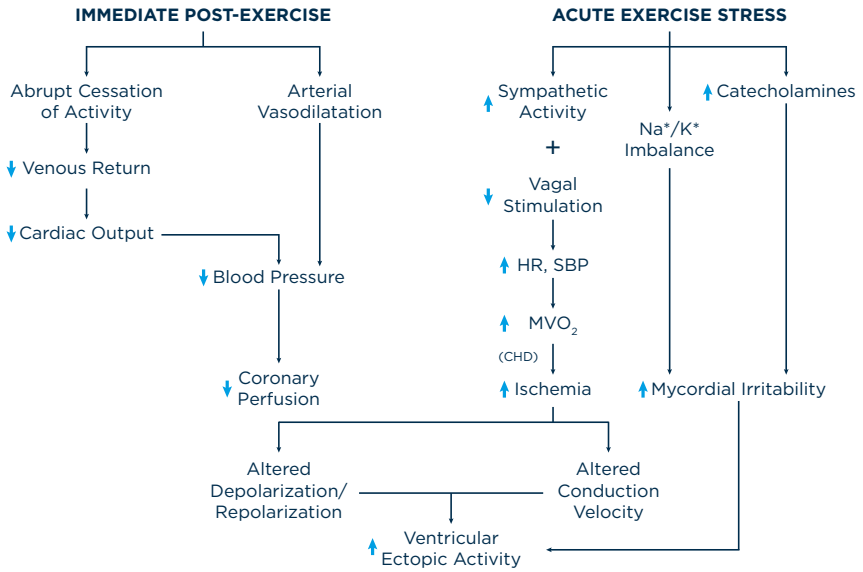


Figura 1. Mecanismos fisiopatológicos de eventos cardiovasculares con el estrés físico.

ESTUDIO	PERÍODO EFECTO	TIPO EVENTO CARDIOVASCULAR	RIESGO RELATIVO (95% I. Confianza)
Seattle (1984)	< 1 hora	Parada cardíaca primaria	56 (23-131)
Onset (1993)	1 hora	IAM no fatal	5,9 (4,6-7,7)
TRIMM (1993	1 hora	IAM no fatal	2,1 (1,1-3,6)
Hartford Hospital AMI (1999)	1 hora	IAM no fatal	10,1 (1,6-55,6)
SHEEP (2000)	< 15 minutos	IAM no fatal	6,1 (4,2-9,0)
Physician´s Health (2000)	30 minutos	SCD	16,9 (10,5-27)

Tabla 2. Estrés físico como desencadenante de eventos cardiovasculares agudos durante ejercicio intenso.

Adaptado de Mittleman MA. Trigger of acute cardiac events: new insights. Am J Med Sports. 2005; 4:99–102.

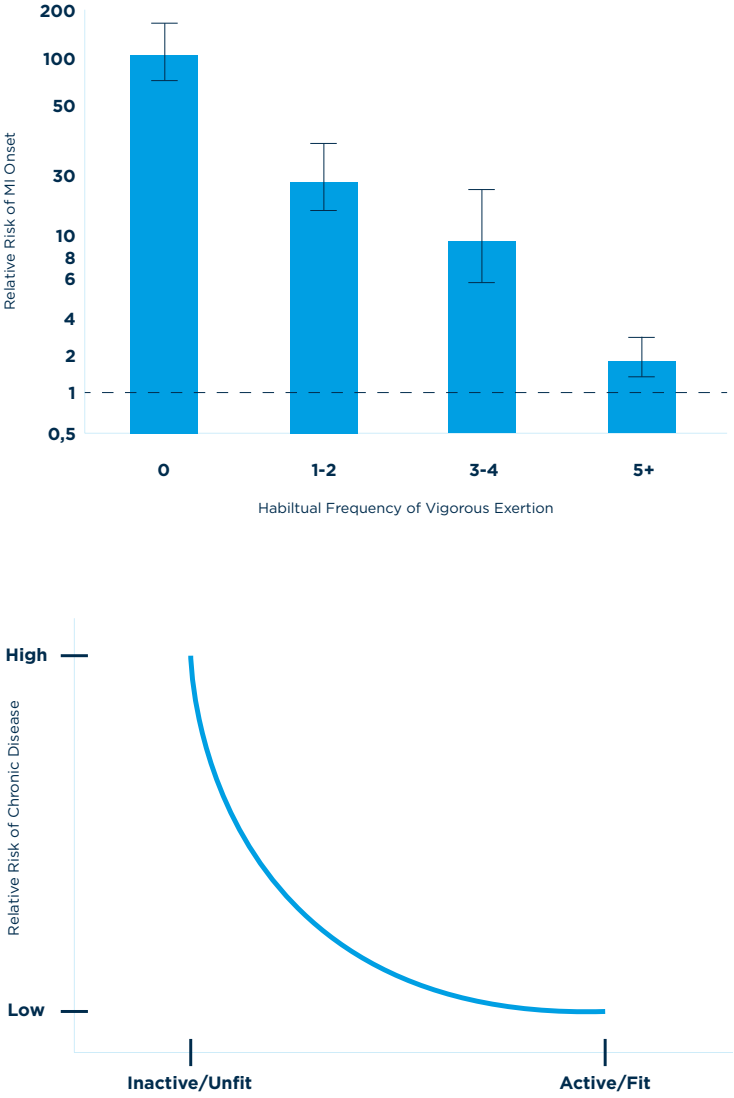


Figura 2. Reducción del riesgo cardiovascular con la regularidad del ejercicio.

Recomendación	Grado evidencia
Prevención Mortalidad Global prematura	A
Prevención Mortalidad Cardiovascular	A
Prevención Cardiopatía Isquémica	A
Prevención del ACVA	A

Recomendación	Grado evidencia
Prevención HTA	A
Prevención DM	A
Prevención Síndrome Metabólico	A
Prevención Ganancia de Peso	A

Tabla 3. Beneficios cardiovasculares del ejercicio en el practicante regular.

Warburton DEL. Et al. A Systematic Review of the evidence for Canada´s pchysical activity guidelines for adults. Int J Behav Nutr Phys Act 2010; 7: 39.

Niveles de actividad, ejercicio físico y deporte en la población

A pesar de las evidencias científicas sobre los beneficios de la actividad, ejercicio físico y deporte, el **sedentarismo** sigue siendo una **pandemia global,** desde que la sociedad industrializada y tecnificada modificó los estilos de vida, laborales, de ocio y de transporte.

En **estudios epidemiológicos** recientes se concluye que, en España, **más de la mitad de la población no realiza actividad física** durante el tiempo libre, utilizando este tiempo de ocio con actividades sedentarias (Figura 3).

Actualmente, con **medidas** concretas como: promoción institucional, promoción empresas ropa deportiva, accesibilidad a nuevas instalaciones deportivas, etc., el número de practicantes de ejercicio físico y deporte repunta ligeramente en las últimas décadas, sin acabar de consolidarse definitivamente (Figura 4).

Este repunte, no siempre va acompañado de regularidad en la práctica, sino que en muchos casos el ejercicio o deporte se realiza de forma **esporádica,** lo que aumenta el **riesgo relativo de eventos cardiovasculares,** lesiones del aparato locomotor, golpes de calor, incluso muerte súbita.

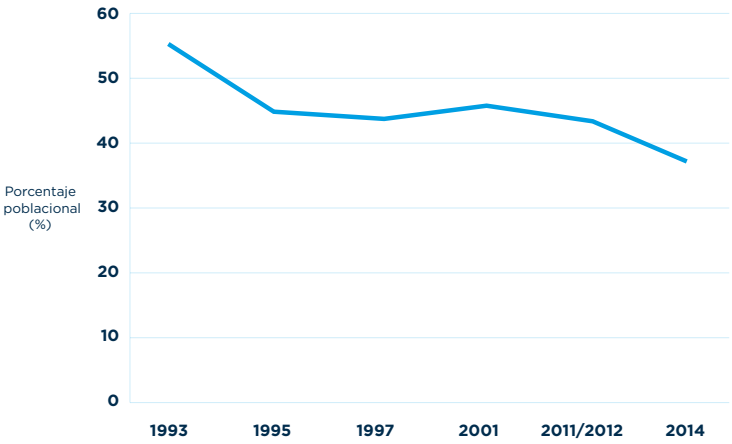


Figura 3. Porcentaje de la población española que utiliza el tiempo libre con actividades sedentarias.

Encuestas Nacionales de Salud en España (1993-2011/2012) y Encuesta Europea de Salud en España (2014).

Este movimiento, lleva consigo un proceso denominado **"heterogeneización en el deporte",** que implica participantes de toda procedencia, no sólo jóvenes y sanos, sino también adultos, ancianos, sujetos con factores

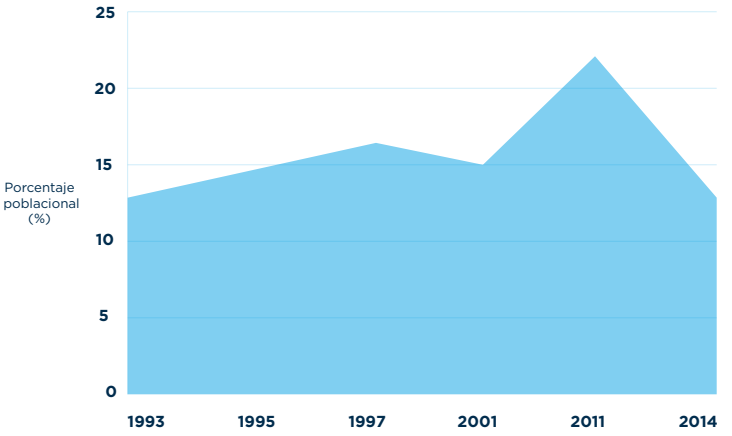


Figura 4. Repunte en el número de practicantes de ejercicio físico y deporte.

	Practican suficiente		Practican pero no tanto como quisieran		Practican por obligación		Ahora no practican, antes sí		Nunca han practicado	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Género										
Varones	81	26,8	109	36,1	4	1,3	76	25,2	32	10,6
Mujeres	37	11,5	106	32,8	11	3,4	82	25,4	87	26,9
Edad										
De 15 a 24 años	37	31,4	43	36,4	0	0,0	27	22,9	11	9,3
De 25 a 34 años	31	19,7	70	44,6	1	0,6	36	22,9	19	12,1
De 35 a 44 años	16	13,1	48	39,3	5	4,1	35	28,7	18	14,8
De 45 a 54 años	17	16,3	32	30,8	3	2,9	28	26,9	24	23,1
De 55 a 69 años	17	13,7	22	17,7	6	4,8	32	25,8	47	37,9

Figura 5. Proceso de heterogeneización en la práctica deportiva.

de riesgo y enfermedad, que traen consigo mayor vulnerabilidad ante el estrés físico que comentábamos (Figura 5).

Justificación del Reconocimiento médico deportivo

Dejando al margen las lesiones del aparato locomotor, importantes por su alta incidencia, los eventos relacionados con el sistema cardiovascular, representan una parte importante del problema.

Ya hemos visto que el **estrés físico** que se genera en él deporte, tiene mecanismos suficientes para **aumentar el riesgo de eventos cardiovasculares,** incrementando, no sólo la morbilidad, sino también la mortalidad, como hemos volveremos a ver en capítulos posteriores.

Existen diferentes caminos para evitar estos problemas:

- **Individualizar la práctica del ejercicio** y hacerla en consonancia con la capacidad funcional y el perfil clínico del sujeto practicante.
- **Respetar los principios** más elementales del **entrenamiento,** con una sobrecarga progresiva, con períodos de recuperación o descanso adecuados.
- **Regularizar la práctica** que, hemos visto, reduce claramente el riesgo por estrés físico compensándolo y pasando al terreno de los beneficios.

Todas estas estrategias son importantes, pero vamos a detenernos en la primera, **individualizar la práctica del ejercicio y ajustarla al perfil del deportista.**

Para llevarla a cabo es fundamental **conocer** a fondo al **practicante.** Esto sólo se consigue con lo que venimos denominando: **reconocimiento médico deportivo**, examen previo a la práctica deportiva, valoración clínica-funcional, etc., conceptos que dan título a este capítulo.

Conceptos básicos

¿Qué es un reconocimiento médico deportivo (RMD)?

Podemos definirlo, como el **conjunto de información, obtenida mediante cuestionario, entrevista clínica o anamnesis,** en su caso complementados con los resultados de la exploración clínica y, también en su caso, ampliados con los datos que se deriven de una serie de **pruebas complementarias** que solicitamos en función de los primeros.

¿Cuál es el objetivo de un reconocimiento médico deportivo?

El objetivo principal es proporcionar **"seguridad en la práctica"** del ejercicio físico y/o deporte, detectando cualquier condición muscular, esquelética o médica, en este caso cardiovascular, que limite la participación y/o predisponga al individuo o a otros a lesión, enfermedad o muerte, durante la práctica, entrenamiento o competición.

A este objetivo principal podríamos añadir otros **secundarios** como: **detectar contraindicaciones** absolutas o relativas (temporales, parciales),

establecer la **necesidad de pruebas complementarias** o tratamientos previos, clasificar al sujeto según su capacidad funcional o riesgo clínico, contribuir a la prescripción individualizada, contribuir al cribado general de salud, dar cumplimiento a la legislación o normativas vigentes, etc.

¿Qué tipos de reconocimiento médico deportivo existen?

Dependiendo de diferentes variables (edad, antecedentes, objetivos deportivos, recursos disponibles, población diana, etc.), existe un amplio abanico de posibilidades.

Simplificando podríamos hablar de dos tipos fundamentales: reconocimientos tipo cribado y reconocimientos médicos especializados completos.

El primero de ellos, tipo **cribado,** se basan fundamentalmente en la información obtenida mediante cuestionarios o entrevista clínica. Tratan de detectar factores de riesgo en la población y seleccionar aquellos que deben ampliar el estudio mediante un reconocimiento más completo.

El segundo, tipo **médico especializado completo,** se continúa con la exploración clínica y con las pruebas clínicas complementarias que se

Cribado	Médico especializado completo
Identifica sujetos de riesgo	Identifica sujetos de riesgo
Duración menor	Duración mayor
Personal no especializado	Personal especializado
Escasos recursos materiales	Recursos materiales mayores
Costo económico bajo	Costo económico mayor
Indicad grandes poblaciones	Indicado poblaciones más restringidas
Indicado en población general sana	Indicado en población con mayor riesgo
Practicantes a intensidad ligera	Practicantes a intensidad moderada-alta
Más falsos negativos	Más falsos positivos

Tabla 4. Diferencia entre reconocimiento "Cribado y Médico Especializado Completo".

Adaptado de López-Silvarrey FJ. Reconocimiento medico deportivo previo a la participación deportiva. Manual de Valoración Funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos. Segovia Martínez JC., López-Silvarrey FJ. Legido Arce JC. Eds. Capítulo 2, p 20. Editorial Elsevier 2007.

deriven de lo anterior. Tratan de profundizar y detectar cualquier condición que pueda limitar temporal, parcialmente o de forma completa la práctica del ejercicio físico o deporte.

Las diferencias entre ambos tipos de reconocimiento se resumen en la (Tabla 4).

Reconocimiento tipo cribado

Si tenemos en cuenta las recomendaciones de la Asociación Americana del Corazón y del Colegio Americano de Medicina del Deporte (AHA/ACSM 2009), encontramos que "Toda persona que vaya a iniciar un programa de actividad física debería ser cribada, al menos con un cuestionario auto-administrado o aplicado por profesionales, tipo: PAR-Q&YOU; ACSM-AHA".

El **PAR-Q & YOU,** cuya versión original data de 1986, ha ido adaptándose hasta la actualidad, pasando de una versión en papel que constaba de 7 cuestiones clave, a una versión actual (2017 PAR-Q+) (Figura 6), que incluye preguntas que relacionamos a continuación:

2017 PAR-Q+

The Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone

The health benefits of regular physical activity are clear; more people should engage in physical activity every day of the week. Participating in physical activity is very safe for MOST people. This questionnaire will tell you whether it is necessary for you to seek further advice from your doctor OR a qualified exercise professional before becoming more physically active.

GENERAL HEALTH QUESTIONS

Please read the 7 questions below carefully and answer each one honestly: check YES or NO.

1) Has your doctor ever said that you have a heart condition ☐ OR high blood pressure ☐

2) Do you feel pain in your chest at rest, during your daily activities of living, OR when you do physical activity?

3) Do you lose balance because of dizziness OR have you lost consciousness in the last 12 months? Please answer NO if your dizziness was associated with over-breathing (including during vigorous exercise).

4) Have you ever been diagnosed with another chronic medical condition (other than heart disease or high blood pressure)? PLEASE LIST CONDITION(S) HERE:

5) Are you currently taking prescribed medications for a chronic medical condition? PLEASE LIST CONDITION(S) AND MEDICATION(S) HERE:

6) Do you currently have (or have had within the past 12 months) a bone, joint, or soft tissue (muscle, ligament, or tendon) problem that could be made worse by becoming more physically active? Please answer NO if you have had a problem in the past, but it does not limit your current ability to be physically active. PLEASE LIST CONDITION(S) HERE:

7) Has your doctor ever said that you should only do medically supervised physical activity?

If you answered NO to all of the questions above, you are cleared for physical activity. Go to Page 4 to sign the PARTICIPANT DECLARATION. You do not need to complete Pages 2 and 3.

- Start becoming much more physically active – start slowly and build up gradually.
- Follow International Physical Activity Guidelines for your age (www.who.int/dietphysicalactivity/en/).
- You may take part in a health and fitness appraisal.
- If you are over the age of 45 yr and NOT accustomed to regular vigorous to maximal effort exercise, consult a qualified exercise professional before engaging in this intensity of exercise.
- If you have any further questions, contact a qualified exercise professional.

If you answered YES to one or more of the questions above, COMPLETE PAGES 2 AND 3.

Delay becoming more active if:

- You have a temporary illness such as a cold or fever; it is best to wait until you feel better.
- You are pregnant – talk to your health care practitioner, your physician, a qualified exercise professional, and/or complete the ePARmed-X+ at www.eparmedx.com before becoming more physically active.
- Your health changes – answer the questions on Pages 2 and 3 of this document and/or talk to your doctor or a qualified exercise professional before continuing with any physical activity program.

2017 PAR-Q+

FOLLOW-UP QUESTIONS ABOUT YOUR MEDICAL CONDITION(S)

1. Do you have Arthritis, Osteoporosis, or Back Problems?
If the above condition(s) is/are present, answer questions 1a-1c. If NO ☐ go to question 2
1a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
1b. Do you have joint problems causing pain, a recent fracture or fracture caused by osteoporosis or cancer, displacement of vertebra, neck problems, or spinal problems and/or have you been told your bone density (or the result of the spinal scan) is low? YES ☐ NO ☐
1c. Have you had corrective injections or taken steroid tablets regularly for more than 3 months? YES ☐ NO ☐

2. Do you currently have Cancer of any kind?
If the above condition(s) is/are present, answer questions 2a-2b. If NO ☐ go to question 3 YES ☐ NO ☐
2a. Does your cancer diagnosis include any of the following types: lung/bronchogenic, multiple myeloma (cancer of plasma cells), head, and/or neck? YES ☐ NO ☐
2b. Are you currently receiving cancer therapy (such as chemotherapy or radiotherapy)? YES ☐ NO ☐

3. Do you have a Heart or Cardiovascular Condition? This includes Coronary Artery Disease, Heart Failure, Diagnosed Abnormality of Heart Rhythm
If the above condition(s) is/are present, answer questions 3a-3d If NO ☐ go to question 4 YES ☐ NO ☐
3a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
3b. Do you have an irregular heart beat that requires medical management? (e.g., atrial fibrillation, premature ventricular contraction) YES ☐ NO ☐
3c. Do you have chronic heart failure? YES ☐ NO ☐
3d. Do you have Coronary Artery disease (coronary/cardiovascular disease) and have not participated in regular physical activity in the last 2 months? YES ☐ NO ☐

4. Do you have High Blood Pressure?
If the above condition(s) is/are present, answer questions 4a-4b. If NO ☐ go to question 5 YES ☐ NO ☐
4a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
4b. Do you have a resting blood pressure equal to or greater than 160/90 mmHg with or without medication? (Answer NO if you do not know your resting blood pressure) YES ☐ NO ☐

5. Do you have any Metabolic Conditions? This includes Type 1 Diabetes, Type 2 Diabetes, Pre-Diabetes
If the above condition(s) is/are present, answer questions 5a-5c If NO ☐ go to question 6 YES ☐ NO ☐
5a. Do you often have difficulty controlling your blood sugar levels with foods, medications, or other physician-prescribed therapies? YES ☐ NO ☐
5b. Do you often suffer from signs and symptoms of low blood sugar (hypoglycemia) following exercise and/or throughout the day? (e.g., feeling anxious, irritable, or moody; experiencing behavioural changes; difficulty thinking, slurred speech; headaches; dizziness or light-headedness; mental confusion; difficulty coordinating; weakness; or drowsiness) YES ☐ NO ☐
5c. Do you have any signs or symptoms of diabetes complications such as heart or eye disease and/or complications affecting your eyes, kidneys, OR the sensation in your toes and feet? YES ☐ NO ☐
5d. Do you have other metabolic conditions (such as current pregnancy-related diabetes, chronic kidney disease, or liver problems)? YES ☐ NO ☐
5e. Are you planning to engage in what for you is unusually high (or vigorous) intensity exercise in the near future? YES ☐ NO ☐

2017 PAR-Q+

6. Do you have any Mental Health Problems or Learning Difficulties? This includes Alzheimer's, Dementia, Depression, Anxiety Disorder, Eating Disorder, Psychotic Disorder, Intellectual Disability, Down Syndrome
If the above condition(s) is/are present, answer questions 6a-6b If NO ☐ go to question 7
6a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
6b. Do you have Down Syndrome AND have problems affecting motor or muscles? YES ☐ NO ☐

7. Do you have a Respiratory Disease? This includes Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Asthma, Pulmonary High Blood Pressure
If the above condition(s) is/are present, answer questions 7a-7d If NO ☐ go to question 8
7a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
7b. Has your doctor ever said that you blood oxygen level is low at rest or during exercise and/or that you require supplemental oxygen therapy? YES ☐ NO ☐
7c. If asthmatic, do you currently have symptoms of chest tightness, wheezing, laboured breathing, consistent cough (more than 2 days/week), or have you used your rescue medication more than twice in the last week? YES ☐ NO ☐
7d. Has your doctor ever said you have high blood pressure in the vessels of your lungs? YES ☐ NO ☐

8. Do you have a Spinal Cord Injury? This includes Tetraplegia and Paraplegia
If the above condition(s) is/are present, answer questions 8a-8c If NO ☐ go to question 9
8a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
8b. Do you commonly exhibit low resting blood pressure significant enough to cause dizziness, light-headedness, and/or fainting? YES ☐ NO ☐
8c. Has your physician indicated that you exhibit sudden bouts of high blood pressure (known as Autonomic Dysreflexia)? YES ☐ NO ☐

9. Have you had a Stroke? This includes Transient Ischemic Attack (TIA) or Cerebrovascular Event
If the above condition(s) is/are present, answer questions 9a-9c If NO ☐ go to question 10
9a. Do you have difficulty controlling your condition with medications or other physician-prescribed therapies? (Answer NO if you are not currently taking medications or other treatments) YES ☐ NO ☐
9b. Do you have any impairment in walking or mobility? YES ☐ NO ☐
9c. Have you experienced a stroke or impairment in nerves or muscles in the past 6 months? YES ☐ NO ☐

10. Do you have any other medical condition not listed above or do you have two or more medical conditions? If you have other medical conditions, answer questions 10a-10c If NO ☐ and that finger 4 recommendations
10a. Have you experienced a blackout, fainted, or lost consciousness as a result of a head injury within the last 12 months OR have you had a diagnosed concussion within the last 12 months? YES ☐ NO ☐
10b. Do you have a medical condition that is not listed (such as epilepsy, neurological conditions, kidney problems)? YES ☐ NO ☐
10c. Do you currently live with two or more medical conditions? YES ☐ NO ☐

PLEASE LIST YOUR MEDICAL CONDITION(S) AND ANY RELATED MEDICATIONS HERE:

GO to Page 4 for recommendations about your current medical condition(s) and sign the PARTICIPANT DECLARATION.

If you answered NO to all of the follow-up questions about your medical condition, you are ready to become more physically active – sign the PARTICIPANT DECLARATION below:

- Start becoming much more physically active – see a qualified exercise professional to help you develop a safe and effective physical activity plan to meet your health needs.
- You are encouraged to start slowly and build up gradually – 20 to 60 minutes of low to moderate intensity exercise, 3-5 days per week including aerobic and muscle-strengthening exercises.
- As you progress, you should aim to accumulate 150 minutes or more of moderate intensity physical activity per week.
- If you are over the age of 45 yr and NOT accustomed to regular vigorous to maximal effort exercise, consult a qualified exercise professional before engaging in this intensity of exercise.

If you answered YES to one or more of the follow-up questions about your medical condition: Seek medical clearance and/or supervision from your physician, a qualified exercise professional, or complete the ePARmed-X+ at www.eparmedx.com before becoming more physically active. You should consult the specially-selected online screening and exercise recommendations program – the ePARmed-X+ at www.eparmedx.com and visit a qualified exercise professional to work through the ePARmed-X+ and for further information.

Delay becoming more active if:

- You have a temporary illness such as a cold or fever; it is best to wait until you feel better.
- You are pregnant – talk to your health care practitioner, your physician, a qualified exercise professional, and/or complete the ePARmed-X+ at www.eparmedx.com before becoming more physically active.
- Your health changes – talk to your doctor or qualified exercise professional before continuing with any physical activity program.

- You are encouraged to photocopy the PAR-Q+. You must use the entire questionnaire and NO changes are permitted.
- The authors, the PAR-Q+ Collaboration, partner organizations, and their agents assume no liability for persons who undertake physical activity, and if in doubt after completing the PAR-Q+ or ePARmed-X+, if in doubt after completing the questionnaire, consult your doctor prior to physical activity.

PARTICIPANT DECLARATION

- All persons who have completed the PAR-Q+ please read and sign the declaration below.
- If you are less than the legal age required for consent or require the assent of a care provider, your parent, guardian or care provider must also sign this form.

I, the undersigned, have read, understood to my full satisfaction and completed this questionnaire. I acknowledge that this physical activity clearance is valid for a maximum of 12 months from the date it is completed and becomes invalid if my condition changes. I also acknowledge that a Trustee (such as my employer, community centre, health care provider, or other designate) may retain a copy of this form for their records. In these instances, the Trustee will be required to adhere to all relevant privacy legislation requirements. I release and agree to indemnify and hold harmless each and every one of the Trustee maintains the privacy of the information and does not misuse or wrongfully disclose such information.

NAME _____ DATE _____

SIGNATURE _____ WITNESS _____

SIGNATURE OF PARENT/GUARDIAN/CARE PROVIDER _____

For more information, please contact: www.eparmedx.com
E-mail: eparmedx@gmail.com

Figura 6. Reconocimiento tipo cribado, mediante cuestionario, 2017 PAR-Q+.

1. ¿Su médico le ha dicho alguna vez que tiene una enfermedad CV o la tensión arterial elevada?
2. ¿Tiene sensación de dolor torácico en reposo, en las actividades de la vida diaria o cuando realiza ejercicio?
3. ¿Ha tenido dolor torácico el mes pasado?
4. ¿Pierde el equilibrio por mareos o ha perdido la conciencia en los últimos 12 meses? Por favor responda NO si el mareo se debe a hiperventilación incluido en ejercicio.
5. ¿Ha sido diagnosticado de alguna otra enfermedad crónica (excluidas las cardiovasculares o hipertensión arterial)?
6. ¿Toma habitualmente medicación para alguna enfermedad crónica?
7. ¿Presenta algún problema osteo-articular que podría empeorar si aumenta su nivel de ejercicio físico?
8. ¿Su médico le ha dicho que sólo puede practicar ejercicio físico de forma supervisada?

Este cuestionario puede complementarse tanto en papel como "on line", a través de: https://vancouver.ca/files/cov/physical-activity-readiness-questionnaire.pdf

Cualquier respuesta positiva a las 8 preguntas de este cuestionario, obliga a cumplimentar el cuestionario complementario **"PARmed-x +",** que determinará finalmente la necesidad de una **consulta o reconocimiento más completo** con o sin pruebas complementarias, para establecer los criterios de autorización o limitación para la práctica de ejercicio físico o deporte.

El **ePARmed-X+,** es una versión ampliada, on line, que contiene preguntas de cribado para diferentes patologías y consejos sobre la práctica deportiva en cada una de ellas, recomendando siempre un reconocimiento médico especializado completo, cuando el perfil clínico del sujeto le requiere. Puede accederse y cumplimentarse igualmente en el enlace: http://eparmedx.com/ (Figura 7 y 8).

El cuestionario del **ACSM/ AHA,** es otro de los ejemplos de cribado más utilizados. Contiene una serie de preguntas, agrupadas en bloques como: historia, síntomas, fármacos, otras patologías, factores de riesgo cardiovascular (Figura 9).

**WELCOME TO THE PAR-Q+
AND EPARMED-X+ ONLINE!**

Welcome to the current Physsical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+) and elctronic Physical Activity Readiness Medical Examination (e-PARmed-X+).
On behalf of the PAR-Q+ Collaboration we look forward to providing unparallted Access to leading international organizations and related resources for reducing the barriers to physical activity/exercise participation and promoting the health benefits of physical activity/exercise.

Please feel free to use the following links to Access directly the online PAR-Q+ and ePARmed-X+ programs. The paper versión of the English North American PAR-Q+ can also be found here and in our document section

Take the PAR-Q+ Survey NOW

Take the ePARmed-X Survey NOW

Figura 7. Acceso "On line" en la web, a los Reconocimientos tipo cribado, mediante cuestionarios, "PAR-Q+" (básico) y "ePARmed-X+" (amplio).

1. ¿Existe posibilidad de que se encuentre embarazada?	
2. ¿Ha sido diagnosticado con más de una enfermedad crónica?	
3. Sus respuestas negativas hacen que debamos recavar más información clínica sobre otras enfermedades.. Marque la situación que mejor le representa:	
• **Arritmia** • **Artritis** • **Asma** • **Cáncer** • **Insuficiencia cardíaca** • **Enfermedad pulmonar obstructiva Crónica** • **Síndrome de Down** • **Problema que incluya pérdida de conciencia incluido traumatismo cráneo encefálico**	• **Diabetes** • **Enfermedad cardíaca** • **Hipertensión arterial** • **Dolor lumbar** • **Osteoporosis** • **Tratornos psicológicos** • **Hipertensión pulmonar** • **Lesión medular** • **Accidente cerebrovascular** • **Otras enfermedades no listadas o desconocidas**

Figura 8. Cuestiones iniciales del "ePARmed-X+".

Cada una de estas cuestiones o situaciones nos conduce a distintas baterías de preguntas que finalmente establecen la necesidad o no de estudios complementarios para autorizar o limitar la práctica de ejercicio físico y deporte.

"AHA/ACSM Health/Fitness Facility Pre-participation Screening Questionnaire"	SÍ	NO
HISTORIA: ¿Ha padecido en alguna ocasión?		
Ataque cardíaco.		
Cirugía cardíaca.		
Cateterismo coronario.		
Angioplastia.		
Marcapasos/Desfibrilador implantable.		
Trastornos del ritmo cardíaco.		
Enfermedades valvulares cardíacas.		
Insuficiencia cardíaca.		
Trasplante cardíaco.		
Enfermedad cardíaca congénita.		
SINTOMAS		
Molestia torácica con esfuerzo.		
Disnea inexplicable.		
Mareo, desmayos, síncopes.		
OTROS PROBLEMAS DE SALUD		
Diabetes.		
Asma o enfermedad pulmonar.		
Claudicación, quemazón, calambres cuando camina corta distancia.		
Problemas músculo-esqueléticos que limitan su actividad física.		
Preocupación sobre la seguridad del ejercicio.		
Está embarazada.		
Cualquier respuesta positiva, indica la necesidad de consultar a un médico especialista en reconocimientos médicos deportivos.		

FACTORES DE RIESGO		
¿Es usted varón > 45 años?		
¿Es usted mujer > 55 años?, está histerectomizada? O es post-menopáusica?		
¿Es fumador, o exfumador en los 6 últimos meses?		
¿Su presión arterial es > 140/90 mmHg?		
¿Su colesterol total es > 200 mg/dL?		
¿Tiene algún antecedente familiar de ataque cardíaco prematuro? (padre o hermano < 55 años; madre o hermana < 65 años).		
¿Es usted inactivo (< 30 min/3 días/semana)?		
¿Tiene usted > 10 kgs. de sobrepeso?		
Si muestra 2 o más contestaciones positivas, debe consultar con su médico especialista antes de iniciar la práctica del ejercicio físico o deporte.		
Si todas las contestaciones son negativas, usted está autorizado iniciar un programa de ejercicio.		

Figura 9. Cuestionario de cribado previo a la participación deportiva de la AHA/ACSM.

Modified from American College of Sports Medicine and American Heart Association. ACSM/AHA Joint Position Statement: Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities. Medicine and Science in Sports and Exercise 1998:1018.

Reconocimiento médico especializado completo

Como ejemplos de reconocimiento médico especializado completo, no encontramos nada concreto; sin embargo, existe amplia literatura que nos orienta en las cuestiones fundamentales de este procedimiento.

¿Cuáles son los componentes de un reconocimiento médico especializado completo?

En el ya citado documento de recomendaciones de la Asociación Americana del Corazón y del Colegio Americano de Medicina del Deporte (AHA/ACSM 2009), se indica que “Los sujetos deben clasificarse según el riesgo cardiovascular

en leve, moderado, alto", dependiendo de: **antecedentes** de enfermedad cardiovascular, pulmonar, renal y metabólicas; factores de riesgo cardiovascular; y **síntomas** o signos de enfermedad cardiovascular, respiratoria y metabólica.

Sin embargo, en 2015 se actualizan dichas recomendaciones y se considera que los principales determinantes en la aparición de eventos cardiovasculares relacionados con el ejercicio son: **el nivel funcional del sujeto; los antecedentes y la presencia de síntomas** y/o signos de enfermedad cardiovascular, metabólica o renal; y la i**ntensidad del ejercicio** que desea practicar.

El **nivel funcional** del individuo, depende de los **antecedentes deportivos y del nivel de práctica** que viene realizando hasta ese momento, datos que podemos obtener mediante un interrogatorio y cuantificar con alguna prueba de valoración funcional.

El objetivo o intensidad del ejercicio a practicar, dependerá del tipo, intensidad, duración y frecuencia del ejercicio o deporte que desea practicar, que dan una medida del estrés que supone para el organismo y particularmente para el sistema cardiovascular del sujeto (Tabla 5). Puede obtenerse mediante una historia deportiva pormenorizada.

La **Anamnesis** o **Interrogatorio** y la **Exploración física** son los dos procedimientos clínicos que nos aportan los **datos** necesarios para cumplimentar la información sobre **antecedentes** y los **síntomas** o signos que presenta el sujeto que va a practicar ejercicio físico y/o deporte.

El **cuestionario** de la **AHA,** que contiene 14 preguntas sobre antecedentes personales, antecedentes familiares y síntomas o signos clínicos obtenidos mediante anamnesis y exploración física, debe de marcar los mínimos en cualquier reconocimiento médico especializado previo a la práctica del ejercicio o deporte (Figura 10).

La importancia de estas herramientas, desarrollada de forma más amplia, es tal que, hasta el **63-74%** de los **problemas** que pueden causar muerte súbita podrían ser detectados mediante un interrogatorio y exploración física que recoja lo mencionado anteriormente.

BAJA INTENSIDAD		MODERADA-ALTA INTENSIDAD	
ESTÁTICO BAJO DINÁMICO BAJO	ESTÁTICO MODERADO-ALTO. DINÁMICO BAJO	ESTATICO BAJO. DINÁMICO MODERADO-ALTO	ESTATICO MODERADO-ALTO. DINÁMICO MODERADO-ALTO
Bolos	Artes marciales	Atletismo. Carrera fondo.	Atletismo. Carrera veloz.
Cricket	Atletismo. Lanzamientos.	Bádminton	Boxeo **
Curling	Automovilismo	Baloncesto	Ciclismo
Golf	Buceo	Beisbol	Esquí descenso.
Tiro	Esquí acuático	Carreras de orientación	Esquí travesía fondo.
	Esquí salto.	Fútbol	Fencing
	Gimnasia	Hockey hierba	Fútbol americano
	Halterofilia	Lacrosse	Hockey hielo
	Hípica. Saltos.	Ping-pong	Lucha.
	Karate o Judo	Racquet	Patinaje velocidad.
	Motociclismo	Squash	Remo
	Rodeo	Tenis	Rugby
	Tiro con arco	Voleibol	Waterpolo
	Vela		

Tabla 5. Tipos/Clasificación de los deportes según nivel de intensidad y componente estático o dinámico.

Mitchell, J.H.; Haskell, W.; Snell, P.; Van Camp, S.P. 36th Bethesda Conference: Task Forces. Task Force: Classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005; 45: 1364-1367.

ANTECEDENTES PERSONALES	Dolor/Disconfort/Opresión/Presión torácica relacionada con esfuerzo.	
	Presíncope o síncope inexplicado*.	
	Disnea/Fatiga de esfuerzo excesiva e inexplicada o palpitaciones, asociadas con ejercicio.	
	Soplos cardíacos detectados anteriormente.	
	Presión arterial sistémica elevada	
	Petición previa por un médico de un Test de esfuerzo.	
ANTECEDENTES FAMILIARES	Muerte prematura (prematura e inesperada) antes de los 50 años en al menos un familiar de primer grado.	
	Discapacidad como consecuencia de enfermedad cardiovascular antes de los 50 años en un familiar de primer grado.	
	Miocardiopatía hipertrófica o dilatada, Síndrome de Q-T largo u otras canalopatías, Síndrome de Marfan, Arritmias clínicamente significativas en miembros de la familia.	
EXPLORACIÓN FÍSICA	Soplo cardíco**	
	Pulsos arteriales femorales para excluir Coartación aorta.	
	Estigmas de síndrome Marfan.	
	Determinación del a Tensión arterial (sentado)***.	

Figura 10. 14 Items-Mínimos en la anamnesis y exploración clínica, según la AHA.

* Síncope que se relaciona con el ejercicio y que no tenga origen neuromediado (vaso-vagal).

** Soplos de características orgánicas, no funcionales, tras auscultación en decúbito y en bipedestación/sedestación con y sin maniobra de Valsalva, para identificar obtrucciones del flujo en el tracto de salida ventricular.

*** Preferiblemente registrada en ambos brazos.

Maron BJ, Friedman RA, Kligfield P, Levine BD et al PD. Assessment of the 12-Lead Electrocardiogram as a Screening Test for Detection of Cardiovascular Disease in Healthy General Populations of Young People (12-25 Years of Age). Journal of the American College of Cardiology. 2014; 64(14):1479-1514.

Anamnesis o Interrogatorio

En este apartado recogemos antecedentes familiares, personales y la presencia en el pasado o presente de síntomas o signos significativos de enfermedad.

Dentro de los **antecedentes familiares** merece especial atención la presencia de muerte súbita o cualquier otra enfermedad relacionada con la muerte súbita.

Así, la presencia en familiares de primer grado de cardiopatía coronaria, miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho, miocardiopatía hipertrófica, anomalías coronarias, y cualquiera otra causa de las que conocemos pueden relacionarse con la muerte súbita hay que considerarlas (ver capítulo 4).

Entre los **antecedentes personales** es de gran importancia recoger la información sobre, los antecedentes de enfermedades cardiovasculares, metabólicas y renales; y la presencia de factores específicos de riesgo cardiovascular.

Dentro de las enfermedades cardiovasculares, la cardiopatía isquémica, cualquiera otra

FRCV POSIT.	DEFINICIÓN
EDAD	Hombre > 45 años; Mujer > 55 años
A. FAMILIARES	IAM Revasc, MS en padres o familiares 1º grados: hombre > 55 años; mujer > 65 años
TABAQUISMO	Fumadores activos o pasivos, exfumadores < 6m
SEDENTARISMO	No alcanzan un nivel de ejercicio al 40-60% VO_2 R, 30 min/3 días/semana, > 3 meses
OBESIDAD	IMC > 30kg/m^2 o perímetro cintura: hombre > 102; mujer >88 cms
HTA	PA > 140/90 mmHg o Tratamiento Antihipertensivo
DISLIPEMIA	CT > 200 mg/dL; LDL > 130 mg/dL; HDL < 40 mg/dL
PREDIABETES	GBA (100-125 mg/dL); ITTOG 140-199 mg/dL a las 2 horas
FRCV NEGAT.	**DEFINICIÓN**
HDL	HDL > 60 mg/dL

Tabla 6. Factores propuestos para establecer el riesgo cardiovascular en el reconocimiento médico especializado completo.

enfermedad cardíaca, la vasculopatía periférica y las patologías cerebro-vasculares, tienen un peso específico importante.

En las patologías metabólicas, la diabetes mellitus tipo 1 y 2 son fundamentales, al igual que la insuficiencia renal en el capítulo de **patologías renales.**

En el interrogatorio se revisan, igualmente, los factores de riesgo cardiovascular (Tabla 6), que permiten predecir el riesgo cardiovascular, mediante diversas metodologías, en España el Score (Tabla 7).

En cuanto a los **síntomas y signos** debemos tener en cuenta los que se relacionan específicamente con enfermedad cardiovascular, metabólica o renal.

Entre todos ellos destacamos: Dolor torácico típico, con carácter y localización isquémico coronario; Dificultad respiratoria en reposo o con ejercicio moderado; Ortopnea o disnea paroxística nocturna; Edemas tobillos; Palpitaciones o taquicardia; Claudicación intermitente; Soplo cardíaco; Disnea con actividades cotidianas.

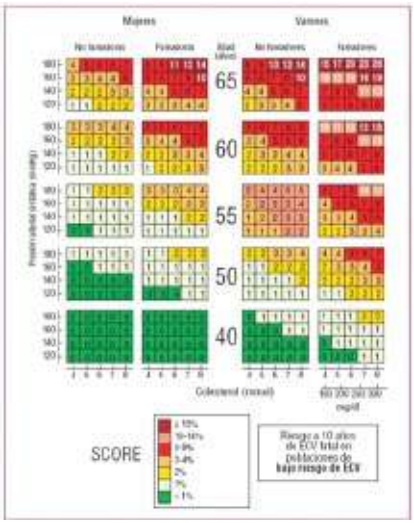


Tabla 7. Cálculo de Riesgo Cardiovascular mediante el Método Score (Systematic Coronary Risk Estimation), en países de bajo y alto riesgo epidemiológico.

(a) Países de bajo riesgo. (b) países de alto riesgo.

Guía ESC 2016 sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica. Grupo de Trabajo Conjunto de la Sociedad Europea de Cardiología y otras Sociedades sobre Prevención de Enfermedad Cardiovascular en la Práctica Clínica. Piepoli MF et al. Rev Esp Cardiol. 2016;69(10):939.e1-e87.

Exploración física

En ella existen igualmente unos datos mínimos, que se derivan de la **inspección general del individuo** (peso, talla, estigmas morfológicos específicos, etc.); **valoración cardiovascular** (auscultación, registro de la tensión arterial, palpación de pulsos, etc.). Así, según las recomendaciones de la AHA, además de los datos antropométricos, la exploración comienza con la **inspección**, objetivando trastornos morfológicos que sugieran patología congénita, pero especialmente estigmas del denominado **"Fenotipo MASS",** incluyendo al Síndrome de Marfan, que suele mostrar una alta prevalencia de prolapso mitral, alteraciones estructurales en la aorta y otras alteraciones en órganos ricos en tejido conectivo (Tabla 8).

Posteriormente con la **auscultación cardíaca,** en sus múltiples formas (decúbito supino y lateral, sedestación/bipedestación/cuclillas, inspiración/espiración/valsalva, reposo, etc.), intentamos detectar la **presencia de soplos** que se relacionan con enfermedad de origen cardiovascular.

La presencia de soplos, es relativamente **frecuente,** y genera un gran número de

CARDIOVASCULARES	LOCOMOTOR	OCULARES
DILATACIÓN AORTA (progresiva): • (> 50mm) predispone a ruptura disección. • Asocia anomalías congénitas. • Válvula bicúspide. • Aneurisma aorta. **INSUFICIENCIA AÓRTICA.** **PROLAPSO MITRAL.** **INSUFICIENCIA MITRAL.**	• Envergadura/Estatura > 1,05. • Talla superior al Percentil 95. • Desproporción (Tronco < EEII). • Miembros largos y delgados. • Dedos largos y delgados. • Pectus carinatum o excavatum. • Cifoescoliosis dorsal alta. • Asimetría pélvica y pies planos. • Paladar ojival. • Hiperlaxitud articular.	• Luxación cristalino. • Miopía. • Iridodonesis (temblor iris con movimiento). • Glaucoma (raro). • Desprendimiento retina (raro.)

Tabla 8. Estigmas de Síndrome de Marfan.

pruebas complementarias y/o derivaciones a otros niveles de atención. Por ello, es fundamental conocer las características que acompañan a un ruido cardíaco para considerarlo normal o patológico. Esto reducirá costos y aumentará la seguridad.

Con carácter general debemos considerar patológico cualquier soplo diastólico, los soplos sistólicos de alta intensidad (mayor de IV/VI escala Levine), y aquellos acompañados de thrill/vibración.

A continuación, mostramos una serie de datos clínicos que nos permiten, en la mayoría de los casos, diferenciar los soplos fisiológicos de los patológicos (Tabla 9).

La mayoría de los soplos, en deportistas jóvenes son funcionales/inocentes, y tan sólo una minoría se relacionan con patologías subyacentes (estenosis aórtica y pulmonar, coartación aorta, defecto septo auricular y ventricular, ductus arterio-venoso, insuficiencia mitral (prolapso) y aórtica.

Especial mención merece la **detección precoz** o despistaje de la miocardiopatía hipertrófica y su diagnóstico diferencial con la hipertrofia fisiológica. La auscultación cardiaca es uno de los recursos con los que contamos para su sospecha, que debe confirmarse con datos obtenidos en pruebas complementarias como

FUNCIONALES	PATOLÓGICOS
• Sistólico. Proto o Mesositólicos.	• Diastólico
• I-II / VI (Escala Levine)	• III/VI (Escala Levine)
• No exclusivos de un foco	• Más intenso en un foco
• No irradian	• Irradiados
• Frecuente en pulmonar y punta	• Aparece en otros focos
• Se modifica con maniobras	• No modificables
• Sentada/de pie (reducen)	• S2 anormal
• Valsalva (reducen)	• A veces thrill a la palpación
• S2 normal	• A veces altera tamaño y forma corazón
• Frecuente S3 y S4	
• No thrill a la palpación	
• No altera tamaño/forma corazón	

Adaptado Noguer Molins et al Exploración clínica práctica. Ed. Científico Médica. 24ª Edición. 1992

Tabla 9. Características de los soplos funcionales y patológicos.

HIPERTROFIA FISIOLÓGICA	MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA
• Soplo sistólico eyectivo. • Localizado en base cardíaca. • S3 y S4 comunes. • No se modifica con Valsalva.	• Soplo sistólico. • Localizado en borde esternal izquierdo. Inferior al ápex. • S3 y S4 ausentes. • Aumenta si Valsalva.

Tabla 10. Auscultación cardíaca en un deportista con Hipertrofia fisiológica y Miocardiopía Hipertrófica.

el **electrocardiograma** y **ecocardiograma**. Las características que nos permiten diferenciarlas, se resumen en la (Tabla 10).

La **exploración del sistema vascular,** (palpación de los pulsos periféricos, valoración cutánea, relleno capilar, etc.), es útil para la detección de problemas arteriales concretos (ateromatosis carótida, coartación aorta, etc.).

Clasificación según el riesgo cardiovascular

Tras cumplimentar la anamnesis, exploración física, y en función de la presencia de antecedentes familiares, personales, síntomas o signos descritos, estamos en disposición de establecer el **nivel de riesgo cardiovascular con la actividad, el ejercicio físico y el deporte** (Figura 11).

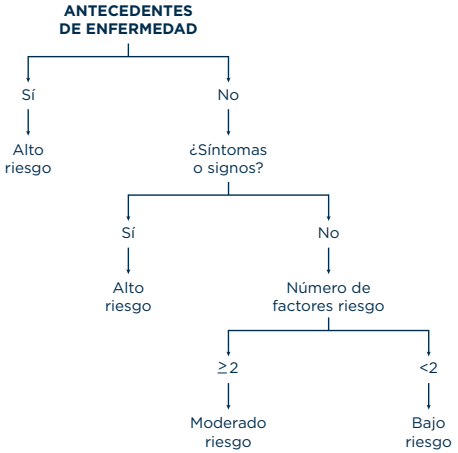


Figura 11. Clasificación del riesgo de eventos cardiovasculares previo a la práctica de actividad, ejercicio físico y deporte.

Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, Garber CE, Whitfield GP, Magal M, Pescatello LS. Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. Med Sci Sports Exerc 2015 Nov;47(11):2473-9.

Electrocardiograma

Como hemos visto anteriormente, la causa principal de muerte en los practicantes de actividad, ejercicio físico y deporte, es la **muerte súbita de origen cardiovascular.**

Muchas de las causas que la producen, especialmente en practicantes jóvenes (miocardiopatías y canalopatías), en gran número de ocasiones no son clínicamente evidentes, pudiendo pasar desapercibidas, pero sí pueden ser sospechadas o diagnosticadas mediante un **registro electrocardiográfico** en reposo de 12 derivaciones.

La interpretación del electrocardiograma en estos sujetos practicantes de actividad, ejercicio físico y deporte, requiere un análisis cuidadoso, para distinguir los cambios fisiológicos o adaptativos, de aquellos que encierran patologías relacionadas con la muerte súbita.

Evolución

Durante muchos años se debatió y continúa abierto el debate, sobre la conveniencia o no de incluir el electrocardiograma como un componente rutinario del reconocimiento médico especializado completo.

Los más reacios son los americanos, que lo limitan a grupos de deportistas más concretos (alto nivel o sospecha clínica), pues, aunque aceptan su utilidad en patologías relacionadas con la muerte súbita y el deporte, consideran que puede dar lugar a muchos falsos positivos y alguno negativo, generando un alto costo económico e incluso personal y familiar.

En la última década se han realizado esfuerzos notorios, para **mejorar la sensibilidad y especificidad** de esta herramienta clínica, estableciendo criterios precisos sobre los hallazgos electrocardiográficos que deben considerarse meramente adaptativos y fisiológicos y aquellos que merecen un estudio más profundo por relacionarse con patologías y en ocasiones con muerte súbita.

En 2005 la Sociedad Europea de Cardiología (SEC) publicó el primer **“Consenso sobre electrocardiografía en el cribado cardiovascular de deportistas”.** En 2010, la misma SEC, establece las **“Recomendaciones para interpretar el electrocardiograma en Medicina del Deporte”,** que se vuelve a reunir en 2012 y 2015 en Seatle, redefiniendo los estándares

electrocardiográficos en la valoración de los deportistas, concluyendo con un nuevo documento que se publica en 2017 y que continúa vigente en la actualidad.

Cada revisión de los criterios o estándares, ha ido **mejorando la especificidad,** manteniendo la **sensibilidad** del electrocardiograma de 12 derivaciones, en la **detección de las patologías** relacionadas con la muerte súbita.

Merced a estos trabajos, nos acercamos a la idea defendida por muchos expertos, principalmente europeos, que consideran al electrocardiograma como una herramienta costo-efectiva.

Hallazgos electrocardiográficos

En él se establecen tres grupos de hallazgos: normales, límite y anormales (Figura 12).

- Los **hallazgos normales** son el resultado de la adaptación fisiológica al entrenamiento, siempre que supere un mínimo de 4 horas semanales, y no requieren estudio alguno, en sujetos asintomáticos sin antecedentes personales o familiares de enfermedad (Tabla 11) (Figuras 13, 14A, 14B).
- Los **hallazgos límite** o bordeline, son aquellos que de forma aislada no requieren estudios complementarios, pero si aparecen combinados, deben de ser evaluados en mayor profundidad (Tabla 12).
- Los **hallazgos anormales,** no pueden considerarse, en ningún caso adaptativos, y pueden representar la presencia de patologías relacionadas con la muerte súbita. Por tanto, esos deportistas, deben de ser estudiados en profundidad para descartar o confirmar la sospecha diagnóstica (Tabla 13) (Figura 15A, 15B).
- Para cada uno de los hallazgos, el consenso establece, diagnósticos de sospecha y las pruebas complementarias a realzar para profundizar y completar el estudio, facilitando la toma de decisiones en cada caso (Tablas 16 y 17).

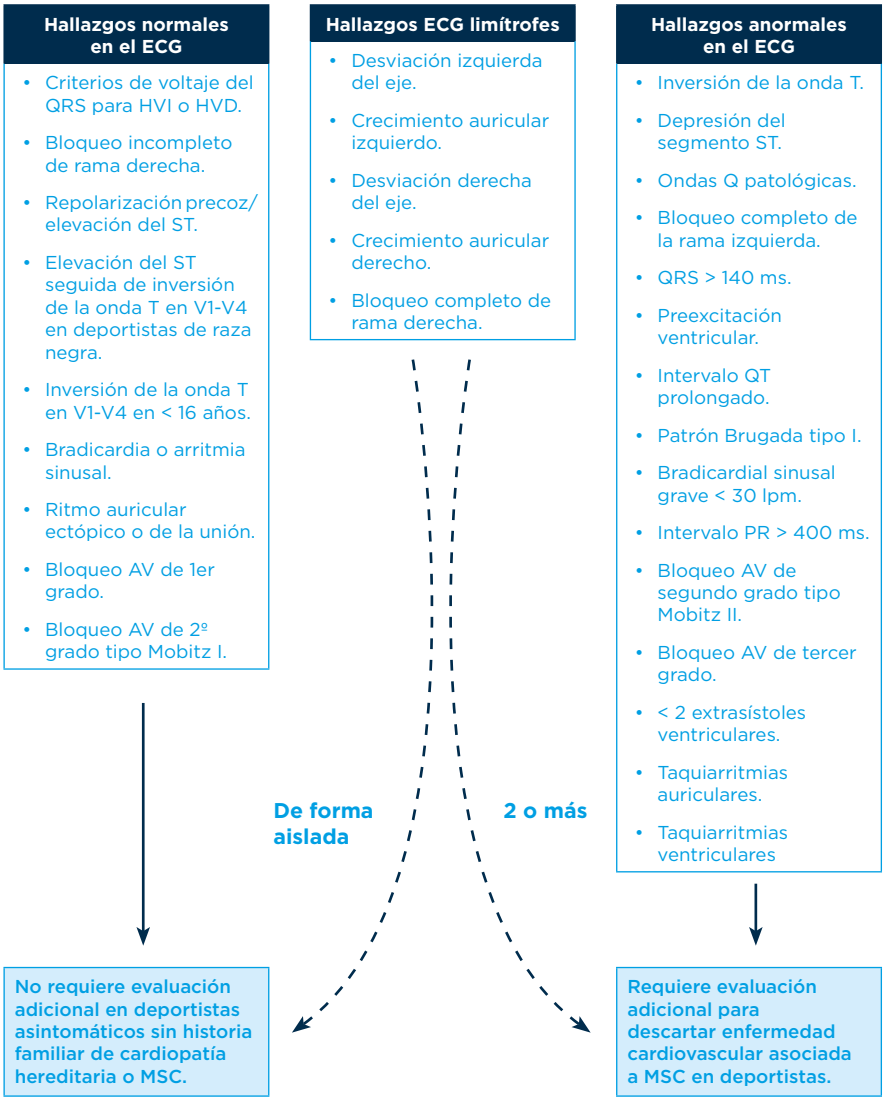


Figura 12. Hallazgos ECG en el reconocimiento médico especializado completo.

Consenso internacional de criterios para la interpretación del ECG del deportista. AV: auriculoventricular; ECG: electrocardiograma; HVD: hipertrofia del ventrículo derecho; HVI: hipertrofia del ventrículo izquierdo; MSC: muerte súbita cardiaca. Adaptada de Drezner JA, Sharma S, Baggish A, et al. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. Br J Sports Med. 2017;51:704-731.

HALLAZGOS NORMALES	DEFINICIÓN
Incremento en voltaje del QRS	Criterios de voltaje del QRS de hipertrofia ventricular izquierda aislados (SV1 + RV5 o RV6 > 3,5 mV) o derecha (RV1 + SV5 o SV6 > 1,1 mV).
Bloqueo incompleto de rama derecha	Patrón rSR´ en V1 y patrón qRS en V6 con duración del QRS < 120 ms.
Repolarización precoz	Elevación del punto J, elevación del segmento ST, ondas J o deflexión terminal en el QRS en las derivaciones inferiores y/o laterales.
Variante de la repolarización en deportistas de raza negra	Elevación del punto J y convexa del segmento ST («cúpula») seguida de inversión de la onda T en derivaciones V1-V4 en deportistas de raza negra.
Patrón juvenil de onda T	Inversión de la onda T en V1-V3 en deportistas menores de 16 años.
Bradicardia sinusal	≥ 30 lpm.
Arritmia sinusal	Variación de la frecuencia cardiaca con la respiración: incrementa durante la inspiración y disminuye durante la espiración-
Ritmo auricular ectópico	Las ondas P son de morfología diferente que la onda P sinusal, como ondas P negativas en derivaciones inferiores («ritmo auricular bajo»).
Ritmo de escape de la unión	La frecuencia del QRS es más rápida que el ritmo de la onda P sinusal y normalmente < 100 lpm con QRS estrecho, a menos que el QRS de base sea conducido con aberrancia.
Bloqueo A-V de primer grado	Intervalo PR de 200 a 400 mls.
Bloqueo A-V de segundo grado Mobitz tipo I (Wenckebach)	El intervalo PR se alarga progresivamente hasta que hay una onda P no conducida sin QRS; el primer intervalo PR después de que no haya QRS es más corto que el último PR conducido.

Tabla 11. Hallazgos normales en el ECG deportista. Definiciones.

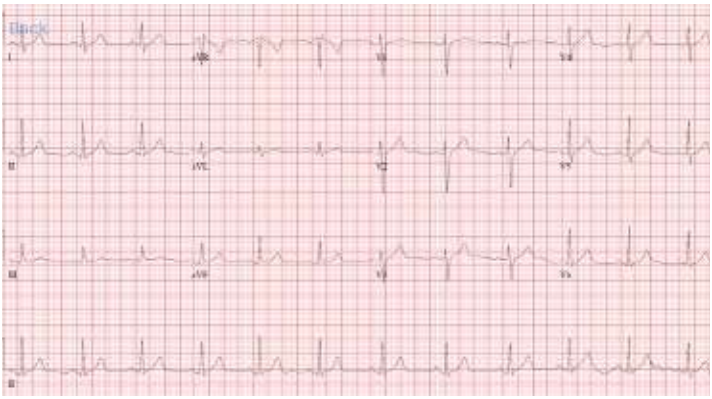


Figura 13. Hallazgos electrocardiográficos normales en deportistas que entrenan con Intensidad ≥ 4 horas semanales. Bradicardia sinusal, Bloqueo A-V 1º grado. Bloqueo incompleto de rama derecha.

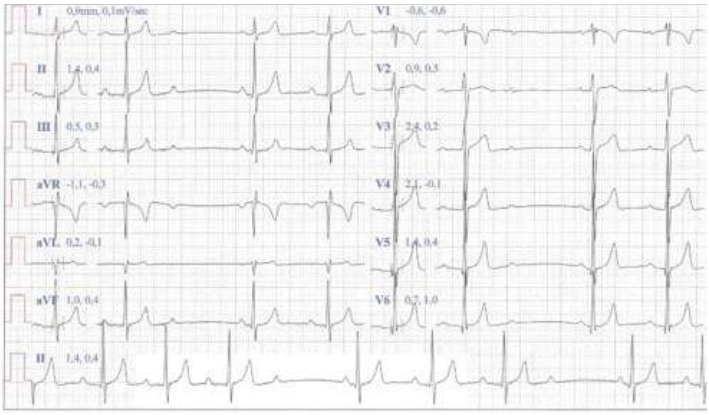


Figura 14 A. Ejemplo de “hallazgos adaptativos normales” en un ciclista que entrena > 12 horas semanales. Bloqueo A-V 2º grado Mobitz tipo1. (a) Reposo.

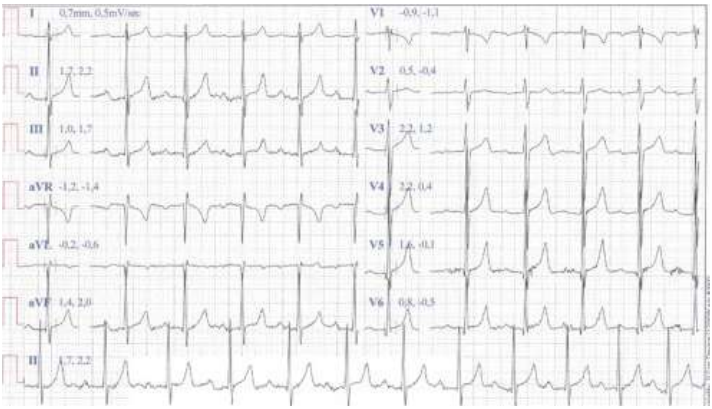


Figura 14 B. Ejemplo de "hallazgos adaptativos normales" en un ciclista que entrena > 12 horas semanales. Bloqueo A-V 2º grado Mobitz tipo1. (b) Después de Hiperventilación.

HALLAZGOS NORMALES	DEFINICIÓN
Desviación eje izquierda	–30º a –90º
Crecimiento auricular izquierdo	Prolongación de la onda P 120 mls en I o II, con porción negativa de la onda P ≥ 1 mm en profundidad y ≥ 40 ms de duración en V1.
Desviación del eje a la derecha	> 120º
Crecimiento auricular derecho	Onda P 2,5 mm en II, III, o aVF.
Bloqueo completo de rama derecha	Patrón rSR' en V1 y onda S > R en V6 con QRS 120 mls.

Tabla 12. Hallazgos límite o bordeline en el ECG del deportista. Definiciones.

HALLAZGOS NORMALES	DEFINICIÓN
Inversión de la Onda T	Profundidad ≥ 1 mm en al menos 2 derivaciones contiguas salvo las derivaciones aVR, III y V1.
Anterior	V2-V4. Excepción: deportistas de raza negra con elevación del punto J y elevación convexa del segmento ST seguida de IOT en V2-V4. Deportistas menores de 16 años con IOT en V1-V3, y onda T bifásica solamente en V3.
Lateral	I y AVL, V5 y/o V6 (solamente se requiere IOT en 1 derivación, V5 o V6).
Inferolateral	II y aVF, V5-V6, I y aVL.
Inferior	II y aVF.
Depresión segmento S-T	Profundidad > 0,5 mm en al menos 2 derivaciones contiguas.
Ondas Q patológicas	Relación Q/R ≥ 0,25 o Q 40 ms en al menos 2 derivaciones (salvo III y aVR).
Bloqueo completo rama izquierda.	QRS ≥ 120 mls, complejo QRS predominantemente negativo en V1 (QS o rS) y R positiva mellada en I y V6.
Trastorno inespecífico de la conducción intraventricular grave.	Cualquier QRS ≥ 140 mls.
Onda épsilon.	Señal de baja amplitud (pequeña deflexión positiva o muesca) entre el final del QRS y el comienzo de la onda T en V1-V3.
Preexcitación ventricular	Intervalo PR < 120 ms con onda delta (empastamiento de la rama ascendente inicial del complejo QRS) y QRS ancho (120 ms).
Intervalo QT prolongado	QTc ≥ 470 ms (varones) o 480 ms (mujeres). QTc ≥500 ms (marcada prolongacio´ n del QT).
Patrón Brugada Tipo 1	Elevación inicial del segmento ST ≥ 2 mm con segmento descendente del ST elevado seguido de una onda T simétrica negativa en al menos 1 derivación en V1-V3.
Bradicardia sinusal grave	< 30 lpm o pausas sinusales > 3 segs.
Bloqueo A-V grave.	≥ 400 mls
Bloqueo A-V 2º grado Mobitz tipo II	Ondas P no conducidas de forma intermitente con un PR fijo-
Bloque A-V 3º grado	Bloqueo completo.
Taquiarritmias auriculares.	Taquicardia supraventricular, fibrilación y flutter auricular.
Latidos ventriculares prematuros.	≥ 2 extrasístoles en trazado de 10 segs.
Arrtimias ventriculares.	Dobletes, tripletes y taquicardia ventricular n sostenida.

Tabla 13. Hallazgos anormales en el ECG deportista. Definiciones.

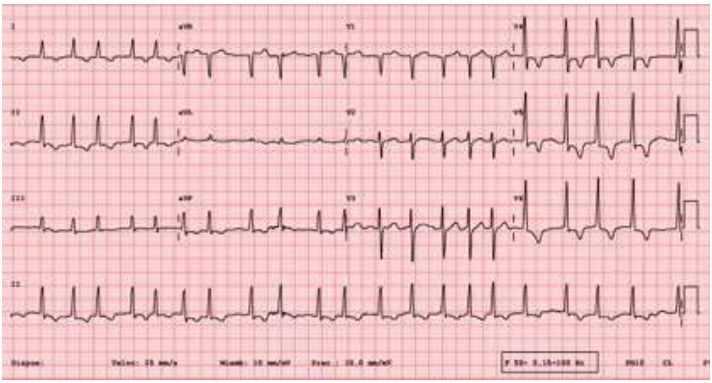


Figura 15 A Miocardiopatía hipertrófica. Ejemplos de “hallazgos ECG anormales” que requieren más estudios complementarios.

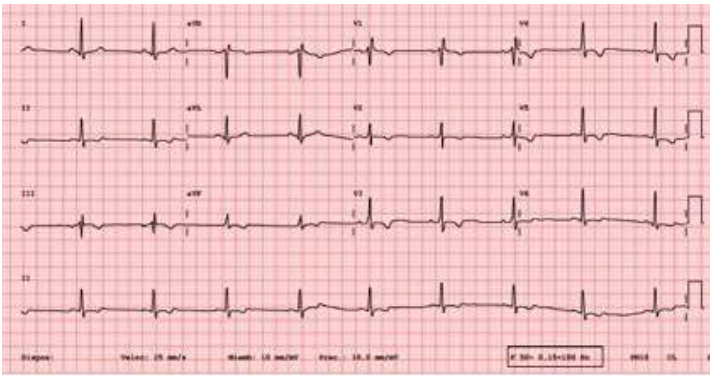


Figura 15 B Cardiopatía isquémica. Ejemplos de “hallazgos ECG anormales” que requieren más estudios complementarios.

Ecocardiograma

Como hemos observado, el ecocardiograma, es una de las **pruebas** más utilizadas en el **cribado** y **diagnóstico de patologías** relacionadas con la muerte súbita cardíaca, y que ayuda a profundizar en el estudio de muchos de los hallazgos anormales que podemos encontrar en un deportista mediante el electrocardiograma.

No es una prueba que se realice de rutina, salvo en grupos muy restringidos, bien por los objetivos de intensidad en la práctica o por los datos clínicos obtenidos tras una historia clínica, exploración física y un electrocardiograma.

Prueba de esfuerzo

La prueba de esfuerzo, **indirecta** (ergometría) o **directa** (ergoespirometría), son igualmente **herramientas clínicas** que nos permiten profundizar en el **estudio especializado** de la población que practica actividad, ejercicio físico y deporte, aportándonos una valoración clínica (diagnósticos) y funcional (capacidades).

En el capítulo 3, se desarrollan diferentes aspectos de la misma, pero como vemos, puede formar parte de un reconocimiento médico especializado completo.

A continuación, exponemos los **criterios** que indican la necesidad de una prueba de esfuerzo como componente del reconocimiento médico especializado completo (Tabla 15).

Indicaciones del reconocimiento médico deportivo

Como explicamos anteriormente, los reconocimientos pueden ser desde muy **sencillos,** tipo cribado, a muy **complejos,** especializados completos.

La decisión de **¿Cuál es el tipo de reconocimiento indicado?** debe tomarse de forma individualizada.

Igualmente hemos comentado que en el último Update del ACSM 2015, esta decisión se basa en el **historial deportivo previo del sujeto** (nivel de práctica), en el **riesgo cardiovascular** (perfil clínico) y en los **objetivos deportivos** (tipo, intensidad, duración del ejercicio físico o deporte).

Así, dependiendo del nivel de práctica clasificamos a la población practicante, en dos categorías: los que practican ejercicio de forma regular y los que lo hacen de forma esporádica o irregular.

Patologías
Enfermedad Cardiovascular sintomática, antigua o reciente.
Diabetes + 1 FRCV siguientes: • Edad > 35 años. • DM2 > 10 años. • DM1 > 10 años. • CT > 240. • HTA > 140/90. • Tabaco. • AF ECV > 60 años. • Enfermedad microvascular. • Valculopatía periférica. • Neuropatía autonómica.
Enfermedad Renal avanzada.
Enfermedad Pulmonar sintomática (EPOC, Asma, Fibrosis intersticial, Fibrosis quística)

Tabla 15. Indicaciones de la prueba de esfuerzo en el reconocimiento médico especializado completo.

En función de ello, y dependiendo de su **perfil clínico** (presencia de factores de riesgo, antecedentes familiares o personales de enfermedad y de la presencia o ausencia de síntomas y signos de enfermedad), si el sujeto necesita un **reconocimiento médico deportivo** (Figuras 16 y 17).

Como podemos apreciar, también se integra en algunos casos, la **intensidad del ejercicio** que el sujeto desea practicar:

- **Ejercicio a intensidad elevada** (vigoroso), aquel que se realiza a ≥60% Frecuencia cardíaca de reserva (FCR), Consumo máximo de oxígeno (VO_2 pico), 13-14 de la Escala de Percepción subjetiva de esfuerzo (RPE), con un gasto energético ≥ 6 Mets.
- **Ejercicio moderado** sería < 60% FCR, VO_2 pico, 12-13 RPE, con un gasto energético < 6 Mets.
- **Ejercicio ligero** sería < 40% FCR, VO_2 pico, 9-11 RPE, con un gasto energético < 3 Mets.

Figura 16. Indicación de Reconocimiento médico previo a la participación en actividad, ejercicio físico y deporte (No practicantes de ejercicio regular).

Figura 17. Indicación de Reconocimiento médico previo a la participación en actividad, ejercicio físico y deporte (practicantes de ejercicio regular).

Conclusión

A fecha de hoy, existen numerosas evidencias científicas que demuestran que realizar **ejercicio regular, prescrito de forma individualizada** por profesionales especializados en este campo, suponen un balance riesgo / **beneficio favorable,** reduciendo la morbilidad y mortalidad de la población que lo practica.

A pesar de ello, siguen manteniéndose unos **bajos niveles de practica regular,** con un gran número de sujetos sedentarios.

Con la **promoción de la actividad física** y el deporte, por diferentes caminos, la población que practica ejercicio físico y deporte ha dejado de ser joven y sana, convirtiéndose en un grupo más heterogéneo, donde caben personas de edad, con factores de riesgo y con enfermedades.

El **reconocimiento médico deportivo,** aplicado con sentido común, es decir: tipo cribado para poblaciones amplias, de bajo riesgo, sin objetivos de alta intensidad; médico especializado completo para poblaciones más concretas, con riesgo o enfermedad y con objetivos de alta intensidad, constituyen el mejor camino para un deporte seguro.

Aunque los componentes de un reconocimiento son ilimitados, existen unos ítems mínimos, que, aplicados escalonadamente, en función de los datos que vamos obteniendo, son la garantía para **reducir el número de eventos cardiovasculares** no deseados durante la práctica deportiva, facilitando un deporte saludable y seguro.

Para poder llevarlo a cabo, debemos contar con **profesionales** con formación específica y experiencia demostrada en este campo médicos del deporte, **cardiólogos** del deporte, **médicos de familia** o cualquier otro **profesional sanitario** preparado para ello.

Capítulo 3

Adaptaciones del corazón al esfuerzo. Valoración funcional del deportista y enfermo cardiovascular

Adaptaciones del corazón al esfuerzo. Valoración funcional del deportista y enfermo cardiovascular

Adaptaciones Cardiovasculares al ejercicio físico

Se ha escrito mucho sobre las distintas modificaciones que sufre el cuerpo cuando sometemos al mismo a un esfuerzo, ya sea **de forma aguda o corta, o crónica o duradera.** En este apartado nos vamos a referir a las adaptaciones cardíacas.

Los aspectos anatómicos y funcionales del corazón se denominan como cardíacos, mientras que los aspectos anatómicos y funcionales de la circulación de la sangre por el cuerpo son mencionados como vasculares; de ahí el término cardiovascular", aspecto que se ha mencionado en el capítulo 1.

Empezaremos a hablar de las adaptaciones cardíacas y posteriormente de las vasculares. Las adaptaciones agudas al ejercicio físico son las que **ocurren cuando el individuo está practicando el ejercicio,** o inmediatamente a su finalización. Son adaptaciones orgánicas con el objetivo de equilibrar las funciones vitales durante la práctica de ejercicio físico, así evitando daños fisiológicos y metabólicos. Mientras que las adaptaciones crónicas son el resultado de una **exposición prolongada y repetida del ejercicio** puede causar cambios estructurales y funcionales en el sistema cardiovascular.

Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardíaca (pulsaciones que late el corazón por minuto) **en reposo presenta una disminución** del mismo, llegando a **valores de 30 lpm,** en caso de deportistas de fondo entrenados, así como a una intensidad submáxima,

una **persona entrenada alcanza una frecuencia menor,** sin que se aprecien modificaciones habitualmente en la frecuencia cardíaca máxima con el entrenamiento.

Por tanto, la frecuencia cardíaca es un parámetro fácil de medir, que cuantifica de una manera práctica y real la intensidad del esfuerzo físico a nivel cardiovascular. Su conocimiento nos permite **objetivar la intensidad de un ejercicio y prescribir las cargas de entrenamiento** en función de dicho parámetro. Es por ello, que al determinar la frecuencia cardíaca en cada intensidad del ejercicio, al realizar una prueba de esfuerzo en un laboratorio o en un test de campo, nos va a permitir prescribir las intensidades de los ejercicios en pacientes o planificar los entrenamientos en los deportistas. Es un parámetro que **nos permite controlar las intensidades de los entrenamientos** debido a la proliferación de pulsómetros de gran fiabilidad.

Aún así, en condiciones de descanso, además del acondicionamiento físico, la frecuencia cardíaca va a variar **en función de una serie de factores** tales como: sexo, edad, temperatura, emociones, respiración, sueño, alimentación y otros.

Tensión arterial

El ejercicio físico ejerce un efecto sobre la Tensión arterial, **disminuyendo las cifras de reposo** y, en las personas entrenadas, experimentan incrementos **más suaves** que **en las personas sedentarias.**

Un parámetro que nos informa de la **sobrecarga cardíaca** es el **doble producto** (Frecuencia cardíaca por tensión arterial sistólica). En los sujetos entrenados obtienen valores más bajos.

Tamaño de las cavidades del corazón

El aumento del tamaño del corazón, es otra de las adaptaciones más interesantes que se producen a nivel cardiovascular como consecuencia del **entrenamiento aeróbico, dinámico, de larga duración,** mejorando su capacidad de llenado y por lo tanto el volumen cardíaco. Las paredes del corazón, también sufren un **engrosamiento** con relación a la población no deportista. Todo ello se realiza de una forma armónica, sin desequilibrios.

Incremento del Volumen Sistólico

El volumen sistólico es la **cantidad de sangre que sale en cada latido cardíaco** y se ve incrementado con el entrenamiento, por lo que explica esa reducción de la frecuencia cardíaca a una misma intensidad de esfuerzo. Por lo tanto la cantidad de sangre que expulsa el corazón cada minuto (gasto cardíaco o volumen minuto) que depende de la frecuencia cardíaca y del volumen latido también se incrementará de forma importante **al realizar un esfuerzo máximo,** sin que experimente modificaciones en reposo ni al realizar un ejercicio submáximo.

Adaptaciones Sanguíneas

Al realizar un ejercicio, se produce un **desplazamiento de líquido,** reduciendo el volumen plasmático (líquido que "lleva" las células sanguíneas) **y aumentando la concentración de las células rojas** (hematocrito). Esta situación se normaliza **al poco tiempo de finalizar el ejercicio,** variando en función de la forma física de la persona y de la reposición de líquidos que haya realizado.

Cuando la persona realiza ejercicio de una forma mantenida puede aparecer un **proceso de aumento del plasma, manteniendo las células rojas sanguíneas,** lo que va a permitir una **mayor fluidez** en la distribución.

Adaptaciones Vasculares

Ante una situación de esfuerzo las arteriolas (vasos más pequeños) sufren una **vasoconstricción** en aquellas **zonas no implicadas en el ejercicio,** aunque mantienen su aporte de oxígeno debido al aumento de la frecuencia cardíaca.

En cambio, en las zonas implicadas en el esfuerzo, se produce una vasodilatación, permitiendo un aporte extra de oxígeno.

Valoración Funcional

Cuando nos planteamos realizar un reconocimiento médico para personas que van a realizar una actividad física, según los distintos niveles de la persona son varios los escalones que pretendemos cumplimentar.

- **Diagnóstico de salud:** Es el primer objetivo que

perseguimos mediante la valoración de aquellas situaciones que impidan realizar actividad física o que necesiten de una valoración o tratamiento especial.

- **Prevenir las enfermedades por el ejercicio y el sedentarismo:** Tanto el ejercicio mal realizado como el sedentarismo pueden producir lesiones determinadas lesiones o enfermedades. Es conocido que la inactividad puede provocar determinadas patologías (ver capítulos sucesivos).

- **Diagnóstico y prevención de los factores de riesgo de lesión deportiva:** Mediante el estudio de la dinámica y forma de los entrenamientos, los materiales utilizados, hábitos de vida o nutricionales, análisis biomecánico del gesto al realizar la actividad física, superficie sobre la que se realiza la actividad, condiciones ambientales, etc. que pueden puede producir lesiones o patologías.

- **Tratar ciertas patologías mediante el ejercicio:** Existen ciertas enfermedades que se pueden tratar mediante el ejercicio y necesitan una prescripción concreta del mismo. A lo largo de este libro podremos ver muchas de las situaciones o patologías en las que el ejercicio juega un papel esencial y/o coadyuvante en el tratamiento de las mismas.

- **Detección y selección de talentos:** Mediante la realización de las pruebas pertinente y específicas, y siempre hayamos pasado por los escalones previamente citados, se podrá orientar, a través de la valoración y comparación de modelos base, que evolucionan con el tiempo, si una persona presenta unas determinadas características más acordes con una actividad concreta.

- **Aumentar el rendimiento:** Una vez obtenidos los objetivos anteriores podremos acometer pautas de entrenamiento, a los distintos niveles para mejorar los estados de salud y, en el caso de los deportistas de competición, optimizar los entrenamientos y, por tanto, los resultados deportivos

  Para ello vamos a seguir una rutina de trabajo.

RUTINA	COMPLEMENTARIAS	ESPECÍFICAS
Historia Clínica. • A. Personales. • A. Familiares. • A. Deportivos. Exploración Física. Cuestionario nutricional. Analítica de rutina.	• ECG reposo. • Espirometría. • Antropometría. • Podoestabilometría. • Ecocardiografía. • Otras pruebas de imagen.	• Actitud cardiovascular. • Pruebas aeróbicas. • Pruebas anaeróbicas. • Pruebas musculares. • Pruebas metabólicas. • Pruebas de campo.

Tabla 1. Tipos de pruebas.

Como en toda valoración clínica **se debe realizar una historia clínica,** en sus distintos apartados, una **exploración física** y unas **pruebas de rutina**, que se han explicado de una forma más detallada.

Dado el objetivo de este capítulo nos vamos a centrar en las pruebas específicas en el esfuerzo, siguiendo unos criterios a las distintas pruebas:

- **Aplicabilidad:** Se requieren unos objetivos concretos, con niveles de fiabilidad y validez acordes a los recursos disponibles y los requerimientos legales.
- **Especificidad:** Con objetivos genéricos y específicos para cada colectivo y actividad a realizar.
- **Estandarización:** Identificación de los factores intrínsecos y extrínsecos de las pruebas a realizar y de las actividades que se quieren realizar, mediante la elaboración de protocolos con instrucciones detalladas.
- **Pertinencia:** En muchas ocasiones se realizan pruebas sin tener muy claro el por qué se realizan.
- **Seguridad:** es requisito indispensable adaptar el material necesario y los espacios donde se realizan las pruebas a obtener la máxima seguridad, permitiendo el acceso a las pruebas al personas necesario e imprescindible. Se tiende a menospreciar, por algunos colectivos, las pruebas realizadas a deportistas, permitiendo que compañeros presencien las pruebas. Esta situación, desde nuestro punto de vista, es contraproducente, dado que se está valorando a una persona, y requiere el espacio máximo para la misma, que se esta midiendo el consumo de oxígeno y es una forma de viciar más al aire y en el caso de

presentarse una urgencia son personas que obstaculizan el funcionamiento especial que se requiere para esos momentos.

- **Simplicidad:** Generalmente tendemos a complicarnos con un protocolo o ergómetro más sofisticado, cuando los objetivos marcados requieren uno más sencillo.

- **Economía:** aunque el objetivo principal es la salud, conviene valorar aquellas pruebas (unido a pertinencia y simplicidad) con el objetivo de no incrementar el costo de las pruebas más allá de lo necesario, valorando el costo-beneficio.

Dado que en otros capítulos se habla detalladamente de la **Historia Clínica y Exploración,** nos vamos a centrar en la **Prueba de Esfuerzo.**

Pero no todo el mundo tiene acceso a material sofisticado y requiere de pruebas más sencillas. Por ellos haremos un breve repaso sobre las distintas opciones que podemos aplicar en función de los medios y de los objetivos.

La **Prueba de Esfuerzo o Ergometría** (P.E.) es un procedimiento habitual utilizado en cardiología y neumología pero que en los últimos tiempos ha mostrado una importancia especial en medicina deportiva, debido al creciente número de personas que practican deporte o que presentan alguna patología relacionada con el ejercicio físico, ya sea de forma preventiva o relacionada con el tratamiento; Por otro lado es demandada por equipos deportivos que requieren de una valoración para planificación el entrenamiento o para la detección de talentos deportivos.

En cualquier caso, es una prueba diagnóstica y, por tanto, requiere **realizarse por personal médico especializado,** aunque sea una prueba no invasiva, en muchos casos, no está exenta de riesgos, según se recoge de la Ley 44/2003.

La P.E. es una exploración objetiva que nos permite valorar cómo es la respuesta del organismo ante una situación de **sobrecarga metabólica** como es el ejercicio físico. Consiste en la aplicación al individuo de una carga de trabajo, medible, dosificable, fiable y reproducible, **que somete al organismo a un estrés físico-psíquico** que podemos cuantificar mediante la valoración de parámetros biológicos. La carga de trabajo aplicada es el parámetro mecánico de la P.E. que correlacionaremos con los parámetros biológicos.

Ergómetro

Tal y como hemos avanzado, el ergómetro es un elemento o máquina que nos permite **aplicar una carga de trabajo controlada** sobre la persona que se quiere evaluar.

Escalón o Step es el método más sencillo, utilizado frecuentemente en centro escolares o deportivos, donde se quiere valorar a grandes poblaciones. Consiste en un cajón o varios escalones de unas medidas determinadas de altura y profundidad, donde hay que conseguir una determinada frecuencia de subidas y/o bajadas para determinar la frecuencia cardiaca antes y después, e incluso con la existencia de relojes pulsómetros actuales, también durante la prueba.

Cicloergómetro (Figura 2). Consiste en una especie de bicicleta estática, pero con mecanismos de precisión para introducir una carga determinada en función de los protocolos establecidos. Requiere que pueda adaptarse a las distintas necesidades de altura y de separación de asiento y manillar. Suele ser, junto con el tapiz rodante, el ergómetro elegido para valoración médica, ya que permite la recogida de varios parámetros durante la prueba (tensión arterial, muestras de sangre, temperatura, etc.).

Ergómetro de brazos (Figura 3). Es un ergómetro que funciona como una bicicleta de brazos, que se utiliza para aquellos pacientes discapacitados del tren inferior o para deportistas que requieran este tipo de esfuerzo.

Tapiz rodante. Consiste en una cinta que obliga al sujeto que está encima a andar o correr a una determinada velocidad. Los tapices médicos son ergómetros que requieren de una tecnología que garantice, que independientemente de la persona que esté valorándose, una velocidad y una pendiente concreta. En el caso de valoraciones deportivas, los fabricantes las pueden realizar a medida, pudiendo tener hasta varias personas valorándose simultáneamente.

Remoergómetro. Ergómetro que simula la embarcación de remo. Viene con un dispositivo para medir número de paladas, frecuencia, intensidad, que nos permite reproducir el deporte del remo dentro de un laboratorio. Hoy en día permite realizar valoraciones simultaneas de varios ergómetros e, incluso, realizar competiciones con otros ergómetros conectados en serie o a través de la red.

Kayak ergómetro (Figura 4). Al igual que el Remoergómetro, permite la valoración del gesto de la piragua, ya sea en la modalidad de kayak o de canoa.

Figura 1. Laboratorio de esfuerzo con los distintos ergómetros.

Figura 2. Cicloergómetro.

Figura 4. Ergómetro de canoa.

Figura 3. Ergómetro de manivela.

Pruebas de Aptitud Cardiovascular

Son pruebas sencillas que no requieren de material sofisticado y que son muy prácticas para valorar poblaciones grandes, como en colegios y que nos permiten descartar a posibles personas que requieran de otras pruebas más específicas.

En este sentido podemos optar por varias pruebas y unas de las más conocidas y contrastadas son el **Test de Ruffier Dickson** y el **Test de Harvard.**

Índice Cardíaco de Ruffier

Es una prueba clásica que **mide la resistencia cardíaca al esfuerzo.** Consiste en realizar 30 flexiones completas de rodillas, desde la posición de firmes, bajando hasta, por lo menos, colocar los muslos horizontales y paralelos con el suelo, manteniendo el tronco derecho, en un tiempo de 45 segundos (que se puede controlar mediante un metrónomo), seguidas del retorno a la posición de pie **(ver Figura 6).** Si alguna persona no es capaz de completar las flexiones se realizará todo el protocolo a partir de que acabe la última flexión que realice. En algunos casos, se requiere de la **ayuda de una mesa o barra** para evitar la **pérdida de equilibrio.**

El examinador obtiene la frecuencia cardiaca antes del ejercicio, con el sujeto de pie, contando la frecuencia en 15 segundos (P0). **Nada más terminar el ejercicio, se toma de nuevo la frecuencia cardíaca** durante los primeros 15 segundos (P1) y al minuto de recuperación (P2), durante otros 15 segundos. Los valores P0, P1, P2 se pasan inmediatamente a minutos multiplicando por 4.

El índice se calcula así, **según la segunda fórmula** propuesta por Ruffier:

$$I = \frac{(P0 + P1 + P2) - 200}{10}$$

Posteriormente Dickson, modificó ligeramente la fórmula, con el fin de **minimizar** la importancia de **las reacciones emotivas** observables sobre los valores de reposo (P0). De ahí cómo se le conoce actualmente índice de Ruffier-Dickson (IRD):

$$I.RD = \frac{(P1 - 70) + 2\,(P2 + P0)}{10}$$

Interpretación del Índice de Ruffier

La observación del pulso es imprescindible para la interpretación de la prueba, ya que **cualquier variación del mismo,** va a **variar el valor del índice** (Fig 7).

Si **P0 es normal,** (entre 60/80 lpm), **P1 poco elevada** y **P2 casi igual a P0**, la **valoración** de la prueba es **buena.** En ocasiones, P2 puede llegar a ser inferior a P0, que puede interpretarse como sujeto entrenado o sujeto.

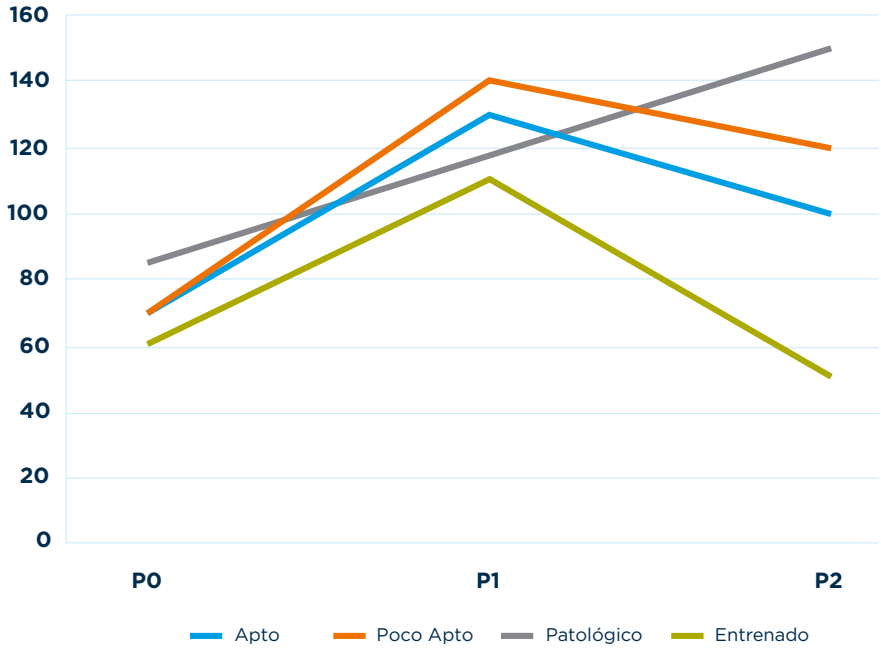


Figura 7. Distintas curvas del índice de Ruffier.

VALORACIÓN	ÍNDICE RUFFIER	ÍNDICE RUFFIER-DICKSON
Muy bueno	0 - 5	
Bueno	5 - 10	0 - 3
Mediano	10 - 15	3 - 6
Débil	15 - 20	
Muy débil	> 8	> 8

Tabla 1. Valoración del test de Ruffier-Dickson.

El aumento de la frecuencia cardiaca de reposo **puede estar vinculada a diferentes factores** (café o té, tabaquismo, a una disfunción tiroidea u otra enfermedad, ejercicio físico previo, menstruación, estrés, etc.), oscilando sus valores normales **entre 50 y 100 lpm,** aunque en personas muy entrenadas pueden llegar, como hemos comentado anteriormente, por debajo de los 30 lpm.

Si P0 es normal, P1 elevada y P2 entre P0 y P1, se trata de un individuo **apto para el ejercicio.**

Si P0 es normal, P1 muy elevada y P2 poco elevada, se trata de un individuo **poco entrenado o poco apto** al ejercicio.

Si P0 es normal o elevada, P1 poco elevada y P2 bastante elevada, la recuperación parcial representa un signo de **fatiga o de mala adaptación cardiaca** al ejercicio y la interpretación definitiva debe hacerse en función del contexto del momento y, por lo tanto valorar derivarlo a realizar otra prueba de esfuerzo más específica.

Si P0 es normal, P1 elevada y P2 menor que P0, se trata de un **individuo entrenado.**

El Step-Test de Harvard (test del escalón)

Es otra prueba clásica de aptitud cardiovascular de esfuerzo. Al igual que la anterior mide la adaptación de la frecuencia cardiaca ante un esfuerzo. Consiste en la **subida y bajada de un escalón de 50 cm** (aunque adaptable al colectivo con el que trabajemos) a un ritmo determinado por metrónomo de **30 veces por minuto durante 5 minutos,** si el sujeto no ha quedado exhausto ya antes.

Inmediatamente después de finalizado el ejercicio, **el sujeto se sienta y se le toma el pulso.** Esto último puede hacerse de dos formas:

A) **Forma lenta:** Se toma el pulso 3 veces durante periodos

de 30 segundos de duración cada uno; el primer periodo al minuto de finalizado el ejercicio P1; el segundo a los dos minutos P2 y el tercero a los cuatro minutos P3. Según esta forma el índice de eficiencia (Ie) sería:

$$Ie = \frac{\text{Tiempo del ejercicio en segundos}}{2\,(P1 + P2 + P3)} \times 100$$

B) **Forma rápida:** Consiste en tomar el pulso una sola vez, durante 30 segundos, al minuto de finalizado el ejercicio P1. Según esta forma el índice de eficiencia (Ie) será:

$$Ie = \frac{\text{Tiempo del ejercicio en segundos}}{5{,}5\,(P1)} \times 100$$

FORMA LENTA	
< 55	Pobre
De 55 a 64	Bajo
De 65 a 79	Medio
De 80 a 90	Bueno
> 90	Excelente

FORMA RÁPIDA	
Menos de 60	Bajo
De 60 90	Mediano
Más de 90	Bueno

Protocolo

A la hora de plantear qué protocolo vamos a realizar, **conviene tener claro que objetivos** nos planteamos y su refrendo con la literatura científica. En este aspecto, independientemente de que realicemos una prueba directa (con gases) o indirecta (sin gases), se pueden plantear distintos protocolos **(Figura 8).**

- **Constante o Estado Estable.** Se aplica una carga constante durante un tiempo determinado.
- **Incremental** que puede ser fraccionado, para poder obtener determinados parámetros o muestras o continuo, en el que no paramos hasta que lleguemos al final de la prueba.
- **Competición,** donde se realiza un simulacro de la prueba a realizar, en función de las características del deportista y de la competición.

Son muy variados los protocolos que se utilizan en las ergometrías, pero en este capítulo nos vamos a referir a los protocolos más habituales, siendo la elección un factor importante, en función de los **objetivos que queramos conseguir** y del **tipo de deportista o paciente** que vayamos valorar.

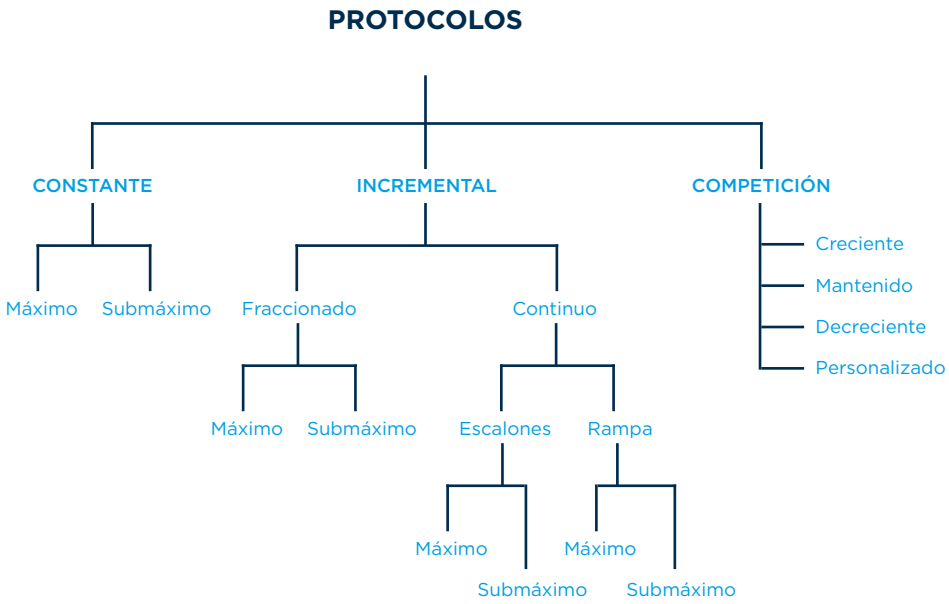


Figura 8. Esquema de los distintos protocolos.

- **Escalón o Rampa para enfermedades especiales.** En el caso de determinadas patologías, como la EM/SFC se puede aplicar el protocolo en cicloergómetro de empezar con cero vatios de resistencia e ir subiendo 10/20 vatios/minuto, en función de sexo femenino o masculino, hasta la extenuación. Se monitoriza con la tensión arterial, obtención de las muestras mediante analizador de gases, muestra sanguíneas, toma de la temperatura o de la Escala de Percepción subjetiva del Esfuerzo de Borg.
- **Escalón de 25 w cada dos minutos.** Prueba sobre cicloergómetro que se incrementa 25 2 cada dos minutos. Existen diversas tablas y fórmulas para calcular el consumo de oxígeno de forma indirecta, en caso de que no se realice la prueba con analizador de gases.
- **Test de Bruce.** Es un protocolo sobre cinta rodante, frecuentemente utilizado en por los cardiólogos, en donde se le somete al paciente a escalones de 3 minutos de duración incrementando la intensidad a costa de la pendiente, de tal forma que

permite valorar distintos parámetros durante la prueba, como la tensión arterial, además de los habituales de monitorización.

- **Test Continuo de 1 km/h cada minuto.** En la mayoría de los casos de deportistas que quieren valorarse, con el objetivo de obtener el VO_2 max y sus respectivos umbrales (para la determinación de cambios metabólicos) que nos permiten planificar las cargas de trabajo, se les aplica este protocolo. En algunos casos podremos realizarlo en rampa, si el tapiz me permite dicha funcionalidad, con lo que se ajustarán mucho más las cargas.
- **Cicloergómetro en Rampa de 30 vatios/min.** Aunque puede variar según los laboratorios, Es frecuente su utilización para ciclistas. En algunos casos se puede combinar con la toma de determinadas muestras sanguíneas, además de las habituales de monitorización, de la tensión arterial.

Condiciones del Paciente/ Deportista

Cuando un paciente/deportista solicita realizar una prueba, requiere adoptar ciertas medidas para obtener el máximo rendimiento de la misma.

- **Entrenamiento:** Tanto el día anterior como posterior a la prueba no deberá realizar entrenamiento intenso y/o competición.
- La toma de **cualquier medicación que pudiera interferir en la realización de la prueba.** Evidentemente deberá consensuarlo con el médico.
- Ayuno al menos **3 horas antes de la prueba.**
- El sujeto deberá permanecer **en reposo como mínimo 10 minutos** antes de la prueba.
- El test debe ser explicado al paciente, el cual **deberá firmar su consentimiento.**
- El laboratorio debe reunir unas **condiciones** de temperatura y humedad **adecuadas y estables.**
- La prueba deberá realizarse con **ropa deportiva,** lo más cómoda posible.
- El paciente deberá comunicar al médico cualquier **sensación subjetiva que sufra durante la prueba** (dolor, mareo...).

Pruebas Aeróbicas

Las pruebas llamadas aeróbicas pueden ser de dos tipos:

- **Directas:** son aquellas que realizan con recogida de muestra ventilatorias mediante mascarilla compartimentada.
- **Indirectas:** son aquellas pruebas que se determinan los consumos de oxígeno, o su equivalente, mediante extrapolación de resultados.

Ambas pruebas, directas o indirectas **pueden tener un carácter máximo,** cuando alcanzamos el máximo esfuerzo, o submáximas, cuando detenemos la prueba **por debajo del 85%** de la frecuencia cardiaca máxima teórica.

Las pruebas Indirectas

Los métodos de valoración indirecta de la capacidad de trabajo físico tienen una gran utilidad práctica, ya que nos permiten **valorar diversos parámetros con elementos técnicos** relativamente sencillos. Mediante la aplicación de diversos protocolos evaluamos la **capacidad física,** obtenemos una medida indirecta del **consumo máximo de oxígeno** y también como en cualquier prueba de esfuerzo con control electrocardiográfico y de la **tensión arterial, podremos conocer la respuesta cardiovascular al ejercicio.**

Existen diferentes protocolos que nos permitirían obtener de manera indirecta la medición del consumo máximo de oxígeno. **La elección del ergómetro** (máquina sobre la que se realiza la prueba), generalmente tapiz rodante o cicloergómetro, así como el protocolo dependerá del paciente/deportista a estudiar. La elección de un ergómetro u otro, generalmente **depende de las condiciones saludables del paciente, de los objetivos marcados** en la obtención de los distintos parámetros y en el caso de los deportistas en la intención de que el protocolo sobre el ergómetro elegido se acerque lo más posible al tipo de deporte practicado.

El consumo de oxígeno, como **“moneda de rendimiento”** se obtiene en las pruebas indirectas mediante la **correlación con la frecuencia cardiaca obtenida, la carga de la prueba obtenida.** Dependiendo del ergómetro y protocolo utilizado existen unas tablas y fórmulas para la detección del mismo.

Con estas pruebas indirectas y mediante tablas o fórmulas, nos permitirán realizar valoraciones y mediante extrapolación de

los resultados compararlo con distintas poblaciones o con nosotros mismos. **Así nos permitirá realizar una prescripción del ejercicio.**

Las Pruebas Directas

La P.E. directa o mediante análisis de los gases respiratorios o ergoespirometría podríamos definirla como una P.E. convencional en la que **introducimos sistemas de medida del intercambio gaseoso respiratorio y de la ventilación pulmonar.** La ergoespirometría nos permite evaluar la respuesta del sistema de transporte de oxígeno y del metabolismo energético en un esfuerzo programado.

La ergoespirometría con análisis directo del consumo de oxígeno (VO_2) es la **forma objetiva de cuantificar la capacidad funcional del individuo.** Este parámetro, importante en fisiología del ejercicio, **representa el funcionamiento integrado de los diferentes aparatos y sistemas del organismo** para el mantenimiento de las funciones vitales, para el desarrollo de la vida cotidiana activa y para la práctica de ejercicio físico. **A mejor capacidad funcional, a mejor VO_2 máximo,** el individuo tiene mayores posibilidades de ejercitarse de forma activa.

Aunque, tal y como hemos comentado que la prueba de esfuerzo se utiliza para todo tipo de pacientes/deportistas, **cuando se trata de deportistas, los objetivos se plantean de una forma más específica.** Los objetivos de la realización de una P.E. en deportistas son los siguientes:

- **Estudiar la respuesta-adaptación** al ejercicio de los diferentes aparatos y sistemas del organismo.
- Objetivar **procesos patológicos** que no aparecen en reposo.
- Determinación objetiva de la **capacidad funcional.**
- Prescripción de la **intensidad de las cargas** de entrenamiento.
- **Control y planificación** del entrenamiento.
- Valorar la **evolución** del deportista **en distintos momentos** de la temporada.
- **Ajuste del ritmo** de competición en pruebas de larga duración.
- Valoración de un **inesperado bajo rendimiento.**
- **Definir el perfil fisiológico y elaborar valores de referencia** para las diferentes especialidades deportivas.

- **Estudio y seguimiento** de deportistas con cardiopatías.
- **Estudiar el comportamiento en esfuerzo** de los cambios electrocardiográficos en reposo típicos del deportista.
- **Valoración inicial en los reconocimientos de aptitud** para la práctica deportiva.

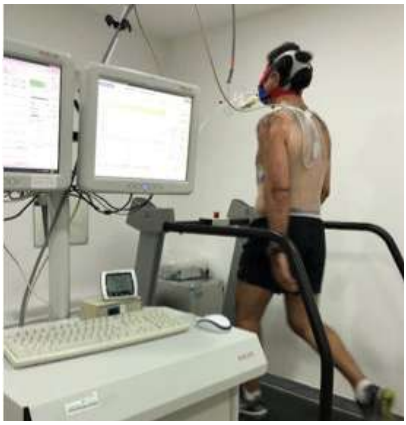


Figura 9. Prueba de esfuerzo sobre cicloergómetro y tapiz rodante respectivamente.

Resultados de la Prueba de Esfuerzo

Aunque quedan reflejados en la tabla. Los distintos resultados nos vamos a detener en los resultados ergoespirométricos.

Consumo de oxígeno (VO_2): Es la cantidad de O_2 utilizado por el organismo por unidad de tiempo y depende del funcionamiento integrado del aparato respiratorio, cardiovascular y metabolismo energético. **Existen distintas formas de expresarlo** en función del profesional que lo estudie, pero son "monedas" de una misma cantidad. **Se expresa en valor absoluto** (l.min-1 o ml.min-1) **o relativo al peso corporal total** (ml. kg-1.min-1), **o en unidades metabólicas o METs.** (1 MET=3,5 ml.kg-1.min-1).

- El VO_2 es un indicador del nivel energético-metabólico a que trabaja el organismo. El VO_2 va a **depender de factores centrales** (corazón y pulmones) **y de factores periféricos** como la diferencia arterio-venosa de O_2 (dif. a-v O_2). Y es la **cantidad máxima de O_2 que el organismo es capaz de absorber** de la atmósfera, transportar a los tejidos y consumir por unidad de tiempo.

  El VO_2 máximo depende de varios factores como son:

- **La genética,** que de momento, no es modificable.
- **La edad,** que evidentemente no es modificable
- **La enfermedad.** Determinadas enfermedades cardiológicas, respiratorias, metabólicas, etc. van a tener un menor consumo de oxígeno **(Figura 9).**
- **Tipo de ejercicio.** Los ejercicios con mayor implicación de masa muscular obtienen un mayor consumo de oxígeno.
- **Peso.** Un mayor peso implica un menor consumo de oxígeno relativo (ml/kg/min). En el caso de los deportes de remo y piragua el peso no va a tener la misma trascendencia.
- **Entrenamiento:** Vemos que los deportes de fondo obtienen un mayor consumo de oxígeno relativos al peso.

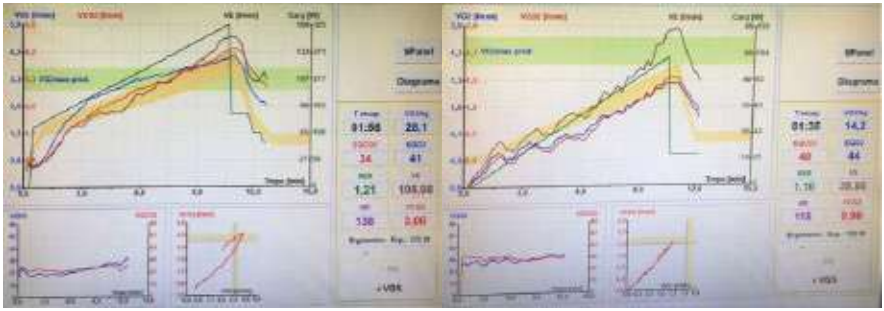


Figura 10. Ejemplo de dos personas no deportistas.

A) Sana con un comportamiento uniforme. B) Enferma con un comportamiento irregular de las curvas de O_2, CO_2 y V_E, respectivamente. Se observa, así mismo los consumos de VO_2, V_C O_2 y V_E claramente inferiores en el paciente enfermo.

Es un parámetro que **nos indica la capacidad funcional de una persona.** Es reproducible y su determinación se realiza de una forma fiable y precisa mediante una P.E. incremental con sistema de análisis del intercambio de gases respiratorios y de la ventilación pulmonar.

El VO_2 máx. es muy variable entre individuos, y depende de la herencia, edad, sexo, peso, grado de entrenamiento, especialidad deportiva practicada y de la existencia o no de patología.

Los deportistas que realizan una **actividad de resistencia son los que presentan mayor capacidad funcional del sistema de transporte de O_2** y por tanto los que

alcanzan mayores VO_2 máx., especialmente los remeros, esquiadores de fondo y ciclistas.

El VO_2 oscila entre **3,5-5 ml.kg-1.min-1** en reposo **hasta valores de 80-90 ml.kg-1.min-1** en deportistas de alto nivel especializados en fondo. Por debajo de **30 en varones y 22 en mujeres,** puede considerarse patológico.

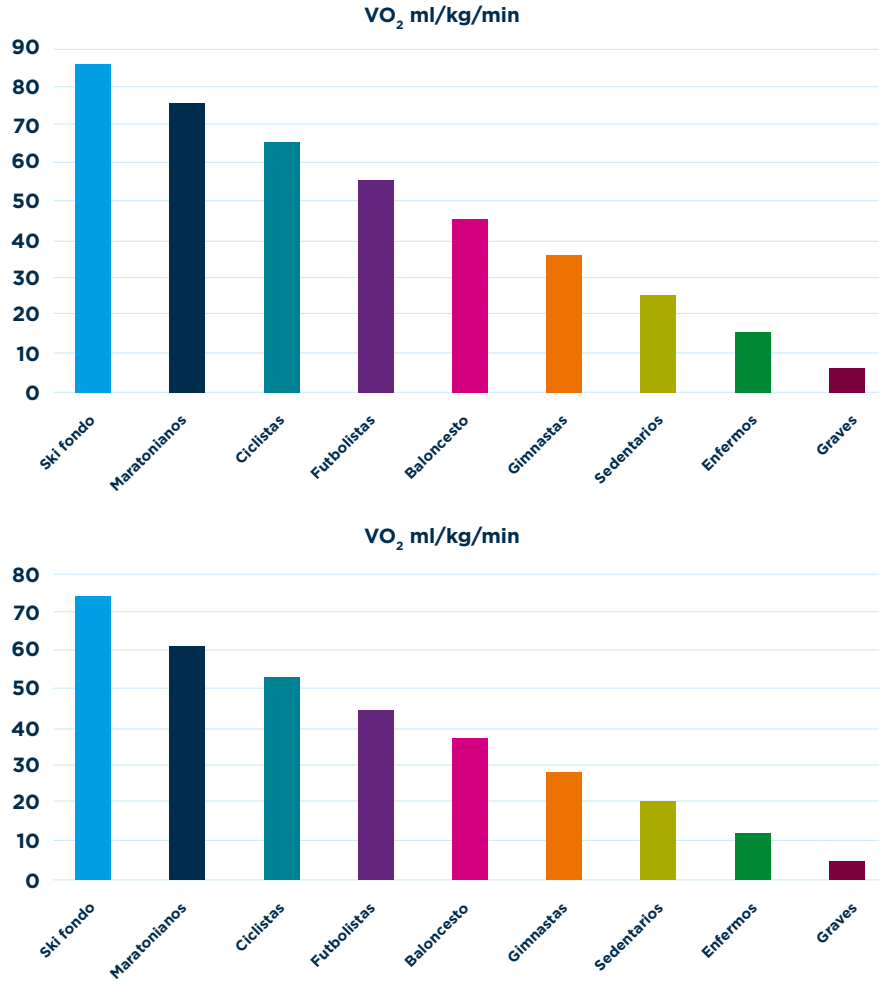


Figura 10. Valores de VO_2 relativo al peso en función del deporte practicado, en hombre y mujeres respectivamente.

MECÁNICOS	EROESPIROMÉTRICOS	CARDIOVASCULARES	METABÓLICOS	SUBJETIVOS
Tiempo Velocidad Pendiente Zancada Cadencia Potencia	Consumo O_2 Ventilación Frec. Respiratoria Prod. de CO_2 Cociente respiratorio Equivalentes ventilatorios para el O_2 y el CO_2 Pulso de oxígeno Presión end tidal de O_2 y de CO_2	Frecuencia cardiaca ECG esfuerzo Tensión arterial	Concentración de lactato sanguíneo	Sensación subjetiva de esfuero

Tabla 2. Parámetros valorados en la P.E.

Ventilación pulmonar o volumen minuto respiratorio (V_E): Los valores de ventilación pulmonar oscilan entre 4-8 l.min-1 en reposo hasta 150-160 l.min-1 en esfuerzo máximo, alcanzando y superando en deportistas de alto nivel con gran capacidad ventilatoria los 200 l.min-1.

La curva que dibuja la ventilación durante la realización de un test de ejercicio incremental, permite determinar dos puntos de ruptura, es decir dos zonas en las que se produce un incremento no lineal de la V_E en relación al VO_2, y que se definen como umbral ventilatorio 1 (VT_1) y umbral ventilatorio 2 (VT_2).

Frecuencia respiratoria (FR): Es el número de ciclos respiratorios por minuto. Como se citó anteriormente la taquipnea es un buen índice de acidosis metabólica. Su valor oscila entre 12-14 respiraciones/min en reposo hasta 45 –50 en máximo esfuerzo y en ocasiones hasta 70-75.

Producción de dióxido de carbono (VCO_2): La VCO_2 durante el ejercicio es el resultado de la combustión de los principios inmediatos del metabolismo y de la liberación de CO_2. En ejercicios en que se produce acidosis láctica, se origina un aumento de la VCO_2 en exceso respecto al VO_2. Este proceso aparece a un nivel de ejercicio más intenso cuando mayor es el nivel de entrenamiento del deportista de forma que, a igual nivel de carga, la eliminación de CO_2 es menor en personas entrenadas y el retorno a la normalidad al cesar el ejercicio es más rápido.

Cociente respiratorio (CR): El CR es la relación entre la VCO_2 y el VO_2. Su valor oscila entre 0,7-0,9 en reposo hasta valores superiores a 1,1 que expresa

criterio de prueba de esfuerzo máxima. Su análisis nos informa del nivel de tolerancia al esfuerzo y del grado de acidosis láctica durante el ejercicio intenso. La magnitud de este aumento y el tiempo de retorno a los valores de reposo depende de la intensidad del esfuerzo y del grado de entrenamiento del sujeto.

Equivalentes ventilatorios de oxígeno y de dióxido de carbono: Son parámetros que nos informa de la eficiencia de la respiración. Es la relación de la Ventilación con el VO_2 y VCO_2 respectivamente (V_E/VO_2, V_E/VCO_2). Si los equivalentes ventilatorios son altos nos indica una menor eficiencia, por lo que no se estaría aprovechando el volumen de aire ventilado para mejorar el VO_2 y la VCO_2. El comportamiento de los equivalentes ventilatorios durante el ejercicio es uno de los criterios más utilizados para la valoración de los umbrales aeróbico y anaeróbico por método ventilatorio.

Pulso de oxígeno (VO_2/FC): Es el gasto energético o la cantidad de O_2 consumida durante un ciclo cardíaco completo. Los valores del pulso de O_2 aumentan con la edad y con el entrenamiento. Un pulso de O_2 elevado significa una buena eficiencia del aparato cardiovascular, un buen aprovechamiento por el organismo del oxígeno transportado por la sangre y movilizado por el corazón en cada volumen latido. Por el contrario, valores inferiores a lo normal indican una capacidad física de esfuerzo pequeña y pueden pensarse en una patología limitante del ejercicio.

En un test de carga progresiva se producen a nivel submáximo dos fenómenos fisiológicos claramente diferenciados:

- **Umbral aeróbico:** Es la intensidad de ejercicio en la que se produce un inicio en la acumulación de lactato en sangre por encima de los valores de reposo, a la vez que la ventilación se incrementa de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido. Hasta ese nivel de ejercicio los valores de lactato son similares a los basales, y existe una relación lineal entre la ventilación y la carga de trabajo, todo ello indicativo de una participación predominante de la vía aeróbica en la obtención de energía. También se denomina umbral láctico y el umbral ventilatorio 1 (VT_1).

Umbral anaeróbico: Es la intensidad de ejercicio que metabólicamente corresponde a un máximo estado estable del lactato en sangre. Refleja

el máximo equilibrio entre la producción y aclaramiento del lactato. A ese nivel de ejercicio la ventilación se incrementa nuevamente de forma desproporcionada en relación al oxígeno consumido. También se denomina OBLA y umbral ventilatorio 2 (VT_2).

Así vemos que hay una zona inicial o aeróbica, una zona de transición y una zona final o anaeróbica. **Los puntos** (o periodos) **de cambio de una zona a otra son modificables con el entrenamiento o tipo de esfuerzo realizado,** pudiendo localizarse el primer umbral entre un 50-75% del VO_2 max y el segundo umbral entre el 75-90%. Para una persona que realice deporte salud o deportes de medio fondo o fondo, les interesa tenerlos cuanto más altos mejor, ya que implicaría un mejor aprovechamiento. Dos personas con el mismo VO_2 max, pero con umbrales distintos, tendrán diferente rendimiento.

Dado que el objetivo de este documento es divulgativo, nos vamos a tomar ciertas licencias para explicar mejor este proceso. Por ello y salvando las distancias, la zona aeróbica la equiparamos a la nómina de una persona. En un momento dado, requiere una ayuda que la obtiene mediante una tarjeta de crédito. **Cuanta más alta tenga la zona aeróbica** (nómina) **más tardará en entrar en la zona de transición** (t. crédito); y una vez que entra, tardará menos en devolver lo gastado extra, si tiene una buena zona Aeróbica (Nómina). Por otro lado cuando tiene que realizar un esfuerzo extra, sobrepasa la segunda zona y entra en la Anaeróbica (Crédito), comportándose de forma similar **(Figura 11).**

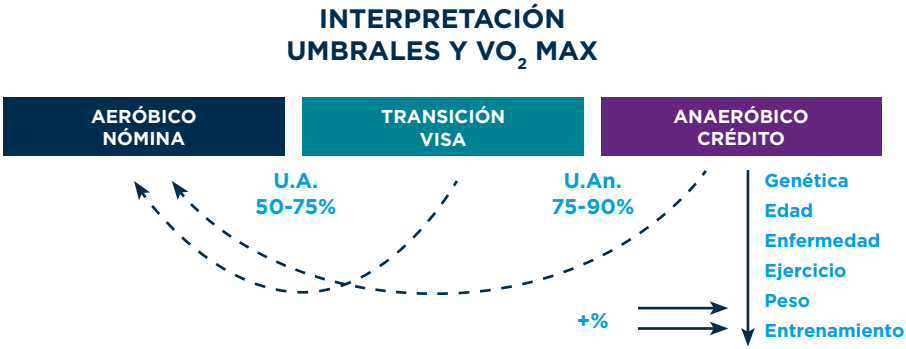


Figura 11. Esquema de funcionamiento de las zonas metabólicas, utilizando un simil económico.

Capítulo 4

Muerte súbita en deportista

Muerte súbita en deportista

La **muerte súbita** es un proceso difícil por las implicaciones que tiene un evento de esta naturaleza que se produce de forma inesperada. Cuando se da en deportistas, además, genera **alarma social**, puesto que con frecuencia se presenta en **espacios públicos** y en presencia de otras personas, y porque observamos cómo se produce en personas con hábitos saludables y con buena condición física. A lo largo de este capítulo repasamos los aspectos que generan habitualmente **dudas** o **inquietud** e intentamos dar **respuesta a las preguntas** más frecuente que recibimos en las consultas de Cardiología y de Arritmias a este respecto.

¿A qué llamamos muerte súbita? ¿Es realmente algo tan frecuente?

Hablamos de muerte súbita cuando se produce la muerte por **causa natural** en un paciente que no presentaba previamente síntomas o en el que el inicio de los síntomas que precedieron a la muerte se producen menos de una hora antes de la misma. Cuando la causa de la muerte es un problema cardiaco, se denomina **muerte cardiaca súbita.** En los casos en los que este cuadro es abortado y se consigue la recuperación del paciente, hablamos de muerte súbita recuperada.

Aunque, como mencionábamos en la introducción, los casos de muerte súbita reciben con frecuencia una **atención social** importante, incluida la publicación en medios de comunicación, afortunadamente se trata de un **problema relativamente poco frecuente.** Aunque los estudios a nivel población en una patología como ésta son complejos, la incidencia varía entre **4-5 hasta en torno a 50 casos por millón de habitantes y por año** en población general. Estos números son algo mayores entre deportistas de élite, pero sin llegar a los 100 casos por millón de habitantes y por año. La muerte súbita es, además, más frecuente en varones. Esto se debe a que una gran mayoría de casos - en torno a un 75% - están relacionados con un

infarto de miocardio u otros problemas coronarios agudos, más frecuentes en varones. Un aspecto importante a destacar de esto, es que la mayoría de estos pacientes – entre un 66 y un 75% de casos de muerte súbita, según distintos estudios – presentaban síntomas de origen cardiovascular en los días o semanas previas al suceso, o bien tenían una cardiopatía diagnosticada.

La "paradoja del deporte"

¿Es casual el hecho de que se produzcan muertes súbitas durante la práctica de deporte, o existe alguna relación entre la actividad deportiva y la muerte súbita? ¿Puede el deporte actuar como desencadenante de alteraciones cardiacas que resulten en una muerte súbita?

Vamos a repasar estas ideas poco a poco. En primer lugar: sí, el deporte puede, en algunos casos, actuar como **desencadenante** de un proceso que resulte en la muerte súbita. Pero tomar esta frase aisladamente nos llevaría a una conclusión errónea de la relación del deporte con la enfermedad cardiovascular en su conjunto, y con la muerte súbita cardiaca más específicamente.

La actividad física vigorosa puede aumentar transitoriamente el **riesgo de padecer un evento coronario agudo,** como el infarto de miocardio. En el contexto de un infarto la complicación más grave, y que con más frecuencia puede causar la muerte del paciente antes de su llegada al hospital, es la aparición de **arritmias** como consecuencia de las alteraciones en el aporte de oxígeno y sangre al músculo cardiaco. Y esas arritmias son, con mayor frecuencia, las causantes de una muerte súbita cardiaca.

Es importante, no obstante, poner en contexto esta asociación entre actividad deportiva y muerte súbita. Para ello es útil fijarnos en cuántas muertes cardiacas súbitas se producen en el contexto de deporte, durante o inmediatamente después de la práctica deportiva, sobre el total de casos. Los datos varían ligeramente entre distintos estudios, pero están en torno a uno de cada veinte casos de muerte súbita. Dicho de otra forma, el **95% de las muertes súbitas de origen cardiaco,** aproximadamente, se producen en **contextos que no tienen relación con la actividad deportiva.**

En cualquier caso: ¿puedo hacer algo para evitar ese potencial efecto adverso de la práctica deportiva sobre el sistema cardiovascular? Sí, el **entrenamiento y la habituación al ejercicio físico son factores que previenen o disminuyen ese efecto "agresivo" cardiaco.** Además, la práctica habitual de ejercicio físico, es un factor que ha demostrado de forma consistente que aporta una serie de beneficios a largo plazo sobre el sistema cardiovascular, que exceden con mucho a la remota posibilidad de un evento adverso como éste, por lo que la recomendación para la población general en cuanto a actividad física y deportiva desde el punto de vista cardiológico – y con beneficios sobre muchos otros órganos y sistemas – es la de **practicar deporte,** idealmente de una **forma adaptada** a las **capacidades físicas,** estado de salud y nivel de entrenamiento previo, sin actividades extenuantes o de intensidad muy superior a las que se esté acostumbrado.

Igual no estaría mal ver antes a un cardiólogo... ¿Hace falta?

Como ya hemos visto, el riesgo absoluto de muerte súbita relacionada con el deporte es

bastante bajo, pero aún así, no deja de ser un importante **problema de salud.** La muerte inesperada de sujetos jóvenes y deportistas, muchas veces considerados como paradigmas de salud y vitalidad suele suponer un **impacto social** acompañado de conmoción e inseguridad en la población.

Hemos comentado ya como la práctica deportiva habitual tiene claros **efectos beneficiosos en la salud** y como aporta a largo plazo una **prevención global** tanto para **evitar el desarrollo de factores de riesgo como de enfermedades cardiovasculares** y por extensión evitar episodios de muerte súbita debidos a dichas enfermedades. Esto es muy importante conocerlo y a su vez transmitirlo a la población general. En ningún caso se debe desaconsejar la práctica deportiva en pacientes sanos y sólo se debería plantear siempre y cuando exista o haya un alto grado de sospecha de una condición o enfermedad cardiovascular que sí suponga un alto riesgo y por tanto desaconseje el deporte o al menos lo limite en intensidad.

Pero es cierto también que, por otro lado, sabemos que se producen episodios de **muerte súbita con mayor frecuencia** durante episodios relativamente cortos de **ejercicio vigoroso** o muy intenso. Estos casos se dan más frecuentemente en hombres que en mujeres, así como en sujetos que habitualmente no realizan ejercicio habitual. Por esto, es importante conocer las posibles causas subyacentes y poner todos los medios posibles en su prevención.

En los distintos estudios que han investigado las causas de la muerte en los sujetos jóvenes y deportistas y aparentemente sanos que habían sufrido una muerte súbita se han encontrado resultados bastante similares. Por un lado, la causa cardiovascular ha sido encontrada o sospechada como culpable del episodio, en la inmensa mayoría de los sucesos. En cuanto a los análisis en las autopsias, el hallazgo más frecuente fue encontrar un corazón y sistema cardiovascular sin ninguna alteración macroscópica ni bajo análisis de anatomía patológica. En estos casos, la principal sospecha es que la muerte se produce secundaria a arritmias ventriculares, y que en buena parte pueden ser secundarias a síndromes primarios pro-arrítmicos.

En cambio, en los distintos estudios, un porcentaje importante de casos (en torno al 25-40%) tuvieron como principal hallazgo diversas **alteraciones estructurales**

o morfológicas cardiacas, fundamentalmente debidas a **miocardiopatías** o anomalías en el desarrollo por ejemplo de las arterias coronarias. Uno de los datos consistentemente descritos en los estudios y que se considera de especial relevancia, es el hecho de que hasta casi dos tercios de los pacientes presentaron sintomatología o datos sugerentes de algún **problema cardiovascular en los días o semanas previos** al episodio de muerte súbita.

Por todo esto, aunque si bien en muchos casos no se encuentra la causa del episodio, queda claro que en una gran proporción de casos existe alguna **condición patológica cardiovascular predisponente** que pasa desapercibida. Incluso como hemos visto, con una importante proporción de casos que presentan signos y síntomas de alarma que en su mayor parte han sido desatendidos por haber sido considerados de pequeña importancia.

Ante estos datos, de entre las posibles estrategias de prevención de los episodios de muerte súbita, se ha puesto el foco en la realización de **programas de screening para detectar enfermedades o anomalías estructurales cardiacas** en los sujetos deportistas.

El principal debate ha surgido acerca de la aplicabilidad de un screening universal a todos los deportistas para descartar problemas cardiacos. Por un lado, se **cuestiona la rentabilidad a nivel coste-efectividad** de este planteamiento y por otro se plantea el temor a la aparición de falsos positivos en dichos reconocimientos (es decir, que se diagnostiquen o se clasifiquen erróneamente como patológicos, a sujetos que no lo son y se les limite la participación deportiva).

Si bien estos problemas existen y, hasta el día de hoy, no se ha demostrado el beneficio de dichos programas universales de detección, consideramos que los sujetos que comienzan o retoman actividad deportiva, así como aquellos que realizan actividad física intensa sea o no a nivel competitivo se benefician de visitar al cardiólogo.

Dicha visita al cardiólogo es si cabe más importante en el caso de determinadas situaciones particulares, como la **presencia de antecedentes personales** de enfermedad cardiovascular de cara a un asesoramiento del tipo y nivel de intensidad de la práctica deportiva recomendada, o la presencia de antecedentes familiares de cardiopatía, lo que hace más probable la presencia de la

misma en el sujeto en cuestión. Sin duda es recomendable en los casos de pacientes con presencia en los miembros de su familia de episodios de muerte súbita o en los casos en los que el paciente presenta algún síntoma que pueda indicar algún problema cardiovascular.

El principal objetivo de la visita al cardiólogo en estos casos es **descartar la presencia de algún problema a nivel cardiovascular,** ya sea a nivel del músculo cardiaco, del funcionamiento eléctrico del corazón o a otros niveles y que implique un mayor riesgo de problemas graves al realizar sobre todo una práctica deportiva de alta intensidad.

Hay que tener en cuenta que la **actividad deportiva habitual de intensidad moderada se permite e incluso se recomienda** en la gran mayoría de dichas situaciones de pacientes con algún tipo de cardiopatía.

Las principales herramientas con las que cuenta el cardiólogo para ello consisten fundamentalmente en una detallada historia clínica y familiar del paciente, en una anamnesis dirigida a desenmascarar síntomas que puedan haberse pasado por alto y que orienten a algún problema cardiaco, una exploración física basada en estos pacientes fundamentalmente en la

auscultación y las pruebas complementarias entre las que destaca el **electrocardiograma** por su facilidad para realizarse y su alta sensibilidad para desenmascarar alteraciones cardiacas en manos de personal especializado en su interpretación como es el **cardiólogo.**

Con la historia clínica, por un lado, se pretende identificar a aquellos pacientes con algún tipo de **cardiopatía** ya diagnosticada. Con estos pacientes el enfoque principal será conocer el **grado de afectación cardiaca,** la limitación funcional que produce en el paciente y la estratificación del riesgo realizando una serie de pruebas específicas en función de la patología. Estos pacientes, sobre todo, se beneficiarán de consejo especializado acerca de la recomendación o no de realizar ejercicio físico, el tipo de ejercicio recomendable y el grado de intensidad que es adecuado y el que no se debería sobrepasar.

Por otro lado, se busca identificar a aquellos pacientes a los que por la presencia de factores de riesgo personales es recomendable descartar afectación cardiaca (como en el caso de la cardiopatía isquémica, cuyos factores de riesgo son el tabaquismo, la hipertensión arterial, el colesterol elevado, etc.). Es fundamental a su vez, la historia familiar, tanto de presencia de cardiopatía, la cual tiene más relevancia se aparece en los sujetos de la familia a edades tempranas, como de presencia de episodios de muerte súbita. En estos pacientes puede ser recomendable una **búsqueda más dirigida y específica de determinadas patologías** en función de la cardiopatía presente en la familia.

Con la **anamnesis** se busca identificar la **presencia de síntomas** que puedan sugerir enfermedad cardiovascular. En muchas ocasiones el paciente identifica estos síntomas como poco preocupantes y en cambio pueden traducir situaciones de riesgo. De especial importancia son los síntomas que suceden en relación con el ejercicio, fundamentalmente la presencia de dolor torácico que aparece con el esfuerzo y mejora con el reposo, así como los episodios de pérdida de conocimiento bruscos durante el ejercicio. **Identificar estos síntomas de riesgo es fundamental** para completar un estudio cardiológico más exhaustivo y descartar que exista patología. En este contexto una prueba de utilidad es la **ergometría,** la conocida prueba de esfuerzo, que nos permite **reproducir la situación**

en la que han aparecido los síntomas y **valorar la respuesta electrocardiográfica o ecocardiográfica,** lo que es muy útil para alcanzar un diagnóstico.

En cuanto a la exploración física, por lo general se basará en la **auscultación cardiaca.** A la inspección y palpación se encontrarán en muy raras ocasiones signos de patología, ya que se trata de pacientes por lo general aparentemente sanos y dichos signos suelen ser más evidentes. Algunos hallazgos, pueden sugerir presencia de **factores de riesgo,** como por ejemplo la presencia de **xantelasmas** o **xantomas** que pueden indicar hipercolesterolemia, un factor de riesgo con importante relación con la enfermedad coronaria. Por otro lado, es importante **descartar la presencia de cifras elevadas de presión arterial.**

Con respecto a la **auscultación,** se pueden escuchar **soplos** que traducen aceleración de la sangre por alguna de las cámaras cardiacas y pueden significar algún tipo de **alteración valvular, obstrucción por hipertrofia** importante del músculo cardiaco, o alguna anomalía del desarrollo que produzca una comunicación anómala entre dos cámaras cardiacas.

De entre las pruebas complementarias en el seno de una consulta previa a la práctica deportiva, sin duda, la más importante es el **electrocardiograma.** Fundamentalmente es así por la amplia **disponibilidad** de esta prueba, la **rapidez** en su realización, sin inconvenientes para el paciente y por la relativamente fácil interpretación, sobre todo, a manos de un médico especialista como suele ser el cardiólogo o de medicina deportiva.

El **electrocardiograma** es una prueba que nos muestra la **activación eléctrica del corazón** y nos informa acerca de cómo se produce dicha activación, la cual se ve afectada por muchas de las distintas afecciones cardiacas, ya sean primariamente del sistema de generación o conducción del impulso eléctrico como si son del propio músculo cardiaco en sí mismo.

Una de las características de los hallazgos en el electrocardiograma es que muchos de ellos son **inespecíficos,** es decir, que en muchas ocasiones un mismo hallazgo puede aparecer en alguien con patología y en un sujeto con corazón normal. Pero estos hallazgos van a llevar a completar el **estudio**

cardiológico con otras pruebas como pueden ser una ecografía del corazón (ecocardiograma), una **prueba de esfuerzo,** una monitorización prolongada del registro del electrocardiograma (Holter), etc.

El cardiólogo utilizará toda esta información recogida en la **historia clínica, anamnesis, exploración y pruebas que considere** necesarias para llegar a un **diagnóstico** o descartar de forma razonable la presencia de afectación cardiovascular que afecte de forma importante al **riesgo** de sufrir algún problema relacionado con el deporte y aconsejar al paciente según lo encontrado.

¿Qué es ese "electro" tan raro? Estrategias para no echarse a temblar (el deportista y el médico)

Como ya hemos visto anteriormente, el electrocardiograma, a veces llamado de forma coloquial **"electro"** y muchas veces escrito como **ECG,** es la prueba más importante y la primera a realizar en el contexto de un estudio cardiológico.

Es la principal prueba por diversos motivos, por su amplia **disponibilidad** y **rapidez** para realizarlo, por su inocuidad para el paciente, su **fácil interpretación** en manos de un médico experto y sobre todo por la **amplia información que nos aporta.** En este apartado vamos a explicar en qué consiste, la información que nos da a los cardiólogos y algunos de los hallazgos más frecuentes que se dan en los pacientes a los que atendemos en el día a día.

Lo primero que hay que tener en cuenta, es que muchos de los **hallazgos** que nos encontramos en el ECG son **inespecíficos,** es decir, que no se suele identificar de forma directa una alteración del ECG con una patología cardiaca concreta. Muchas veces hay que poner el hallazgo en el **contexto del paciente,** su historia clínica, sus síntomas y hallazgos en otras pruebas complementarias las alteraciones que encontramos en el electrocardiograma. En otras ocasiones podemos encontrar alteraciones que sí que nos den un diagnóstico certero concreto, pero por lo general la mayor parte de los hallazgos que salen de lo estrictamente normal se encuentran en pacientes que son sanos y cuyo corazón no presenta ninguna enfermedad importante.

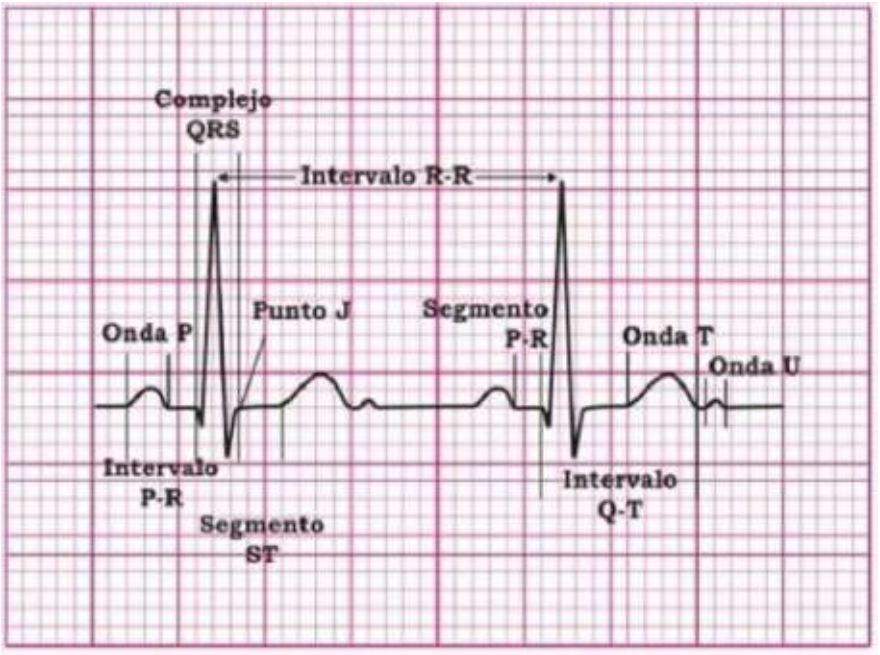


Figura 1. Registro del ECG normal, con sus diferentes ondas.

El electrocardiograma es una **prueba que registra la actividad eléctrica del corazón, que se produce en cada latido.** Esta actividad eléctrica se registra desde la superficie corporal del paciente y se dibuja en un papel mediante una **representación gráfica o trazado,** donde se observan **diferentes ondas que representan la activación eléctrica** de las distintas cámaras cardiacas. **Figura 1.**

Para la recogida de la actividad eléctrica, se necesita que sobre la piel del paciente se coloquen una serie de **electrodos** (normalmente 10 en la configuración más habitual y por lo general estándar). Con ellos, se consiguen obtener un número de **derivaciones** (por lo general 12), es decir, se dibujan en el papel **12 trazados** de los impulsos eléctricos del corazón, registrados desde diferentes puntos del cuerpo.

Normalmente el registro dura 10 segundos, aunque en determinadas situaciones se puede hacer un registro algo más prolongado. Esto es el fundamento de otra de las pruebas habituales en el estudio cardiológico, el **Holter,**

que no es otra cosa que una monitorización prolongada del ECG.

Porque una de las características del registro electrocardiográfico es que puede variar con el tiempo. Muchos de los hallazgos pueden no encontrarse en una primera exploración y en cambio en otro momento sí, esto fundamentalmente sucede con las alteraciones del ritmo cardiaco, que en muchos pacientes son **paroxísticas,** es decir, episódicas.

Una de las claves del análisis del electrocardiograma es realizarlo de **forma sistemática.** Esto es fundamental, sobre todo cuando la persona que lo analiza no es experta en su interpretación, pero también es importante para evitar que algún detalle pueda pasar desapercibido.

Lo primero que el médico ha de identificar cuando interpreta un trazado electrocardiográfico es el **ritmo cardiaco.** Al ritmo normal del corazón se le denomina **ritmo sinusal,** ya que tiene su origen en el nodo sinusal, una estructura que está situada en la aurícula derecha y que se encarga de actuar a modo de marcapasos intrínseco del corazón. Es una estructura que está especializada para ello, ya que tiene la mayor capacidad de generar impulsos de forma automática.

Para identificar el ritmo sinusal, nos fijamos en la primera onda que aparece en el registro del electrocardiograma, la **onda P,** que representa la activación de las aurículas que precede a la activación de los ventrículos (complejo de ondas más grande, denominado QRS) en unos **120-200 milisegundos.** Cuando las ondas P son **positivas** en las derivaciones que recogen información en la cara inferior y lateral del corazón, podemos asumir que el impulso se está originando en el **nodo sinusal** y estamos ante un **ritmo cardiaco normal.**

Otra característica del ritmo cardiaco es su **velocidad.** Se trata del concepto de frecuencia cardiaca, es decir el **número de impulsos** que se registran por minuto, considerándose normal una frecuencia entre **60 y 100 latidos por minutos** cuando se realiza la exploración en reposo.

Otro de los análisis iniciales es el del eje eléctrico del corazón. La **disposición espacial, de la orientación de la activación eléctrica del corazón,** es otro dato importante que puede orientarnos a determinadas patologías si el eje está desviado hacia la izquierda o la derecha (entre 90º y 0º).

En la actividad eléctrica del corazón no sólo es importante

el origen de la misma, sino también su propagación. En el corazón existe un tejido específico que tiene la capacidad de conducir el impulso eléctrico desde las aurículas de forma muy rápida y armónica hacia ambos ventrículos. Dentro de este sistema de conducción, también existe una estructura que regula este paso de los impulsos de aurículas a ventrículos, el **nodo aurículo-ventrícular,** evitando así que arritmias auriculares se propaguen directamente a los ventrículos lo cual podría suponer situaciones de alto riesgo vital.

El ECG nos aporta mucha información acerca del **apropiado funcionamiento de este sistema de conducción.** Por un lado, observando que tras cada una de las ondas P (activación auricular), le sigue un **complejo QRS** (activación ventricular) y que el tiempo que transcurre entre dichas ondas y que nos traduce el tiempo que tarda en llegar el impulso desde las aurículas a los ventrículos sea normal. Para saber si la conducción se realiza de forma armónica a ambos ventrículos nos fijamos en la **duración y morfología de los complejos QRS,** ya que cuando estos están prolongados suele significar que existe algún bloqueo en una de las ramas de este sistema de conducción que se dirigen a cada uno de los dos ventrículos.

Por último, dentro del análisis básico del ECG nos fijamos en la parte que sigue a los complejos QRS y que nos muestran cómo se realiza la **repolarización,** que no es otra cosa que el proceso de vuelta al estado basal del tejido cardiaco tras haber sido activado. Para ello observamos la **morfología y polaridad de la onda T y la normalidad del segmento ST e intervalo QT.**

Toda esta información nos la puede aportar en pocos segundos el ECG, aunque, por otro lado, tenemos que saber que no todas las patologías cardiacas se expresan en el ECG o lo hacen de forma sutil con pequeñas alteraciones, de manera que si no realizamos un buen análisis del mismo pueden pasar desapercibidas.

Lo más frecuente que suele ocurrir cuando nos encontramos con alguna alteración en el ECG es que nos lleve a **realizar otras pruebas,** para investigar más acerca de si dicha alteración es secundaria a una patología cardiaca.

Por ello, una de las situaciones frecuentes en la consulta de cardiología es la de pacientes que acude por haberse

encontrado alguna alteración en el trazado de un ECG realizado en el contexto de una revisión rutinaria, o de un preoperatorio. En estos casos, por un lado, habrá que completar la evaluación cardiológica en función de los hallazgos del ECG y, por otro lado, explicar al paciente en qué consisten las alteraciones encontradas y aportar consejo acerca de la idoneidad o no de realizar un seguimiento, o un tratamiento médico, así como recomendaciones específicas acerca del tipo e intensidad de práctica deportiva recomendable.

Una de las alteraciones más frecuentemente encontradas en los ECG de pacientes sanos y que suponen una visita habitual al cardiólogo tras una revisión rutinaria son los **bloqueos de rama.** Se trata de una **alteración de una de las partes del sistema de conducción** que lleva los impulsos a los ventrículos. Esto produce un alargamiento y una morfología distinta a la normal de los complejos QRS (activación ventricular). En principio, no suponen una patología relevante en sí mismos, aunque si bien se ven con mayor frecuencia relativa en pacientes con cardiopatía. Por ello la principal actitud a tomar es descartar que exista algún tipo de cardiopatía subyacente, lo cual se realiza habitualmente con el ecocardiograma. Lo más frecuente es que el paciente no presente anomalías estructurales relevantes y en

ausencia de síntomas u otros datos que sugieran un mayor grado de deterioro del sistema de conducción, únicamente precisarán de un seguimiento clínico para descartar progresión de dicha afectación de la conducción del impulso eléctrico cardiaco.

Otra alteración frecuente que suele ser sujeto de atención en la consulta del cardiólogo son las **extrasístoles**. Las extrasístoles no son más que **latidos originados en zonas que habitualmente no pertenecen al nodo sinusal** (marcapasos intrínseco del corazón) **y que se adelantan en el tiempo con respecto al ritmo** que lleva el paciente en ese momento. Pueden surgir tanto en las **aurículas** como en los **ventrículos** y por lo general siempre se han considerado un hallazgo benigno. En ocasiones, los pacientes con extrasístoles presentan síntomas derivados de ellas, en general como **sensación de palpitaciones** o de vuelco al corazón. En esas circunstancias se suele indicar tratamiento (o médico o intervencionismo con una ablación) para eliminar o al menos reducir el número de extrasístoles y mejorar los síntomas. En los sujetos **asintomáticos** la tendencia es a no realizar tratamiento y en general se daba de alta a los pacientes de la consulta.

En los últimos años, algunos estudios han puesto en relevancia que las extrasístoles, sobre todo cuando son muy frecuentes, pueden producir un **empeoramiento progresivo en la función del corazón,** si bien estos hallazgos predominan sobre todo en pacientes con algún tipo de cardiopatía previa. Por ello, actualmente, se suele realizar pruebas de monitorización del ECG (Holter), para aproximarse a la carga real de extrasistolia del paciente y en los casos con porcentajes elevados (generalmente por encima del 10-15%) se suele valorar la posibilidad de realizar tratamiento o un **seguimiento vigilando,** que no se produzca un deterioro de la función cardiaca.

En definitiva, los pacientes deben saber que el **ECG es la prueba básica y fundamental en la valoración cardiológica.** Que se trata de una prueba sencilla que nos da mucha información, pero que "no lo sabe todo" y, en muchas ocasiones, las alteraciones encontradas no suponen una enfermedad cardiaca como tal. En esos casos, lo importante es **descartar la presencia de algún tipo de patología** que pueda precisar de seguimiento o intervención médica o precisar de recomendaciones específicas de cara a la práctica deportiva.

Síndromes asociados a muerte súbita de causa arrítmica: relación con el deporte

Como hemos mencionado previamente, la causa más frecuente de muerte súbita relacionada con el deporte es la **aparición de un cuadro coronario agudo,** más frecuentemente un **infarto de miocardio,** que desencadena **arritmias graves** que llevan a la **parada cardiaca.** No obstante, existen otras patologías cardiacas que pueden causar esas mismas arritmias y una muerte súbita. Algunas de ellas se producen en el seno de una alteración cardiaca funcional o estructural. Enfermedades como la **miocardiopatía hipertrófica, dilatada, arritmogénica,** etc. se pueden asociar a la aparición de arritmias ventriculares.

En otros casos, sin embargo, se puede producir estas arritmias sobre corazones que no presentan alteraciones macroscópicas, y que padecen **alteraciones en el funcionamiento eléctrico** llamadas de forma genérica **"canalopatías",** o patologías que afectan a la **conducción eléctrica** a través de la membrana de las células del corazón. Suele achacarse a éstas la causa del fallecimiento de un paciente cuando en la autopsia no se encuentran otras alteraciones que lo justifiquen. Dentro de este grupo se encuentran patologías en las que la **práctica deportiva debe ser desaconsejada o limitada,** y otras en las que la actividad **física intensa no supone en absoluto un riesgo de muerte súbita.** La recomendación sobre la conveniencia o no de hacer deporte y, en su caso, la intensidad con la que se debe practicar, debe ser en muchos casos **individualizada en función de la patología que presente el paciente** y el grado de expresión de la misma, por lo que no es posible en este texto realizar una recomendación general más allá de la de consultar cuidadosamente con un especialista en Cardiología o en Arritmias.

¿Qué puedo hacer yo, que no soy personal sanitario, si presencio una muerte súbita?

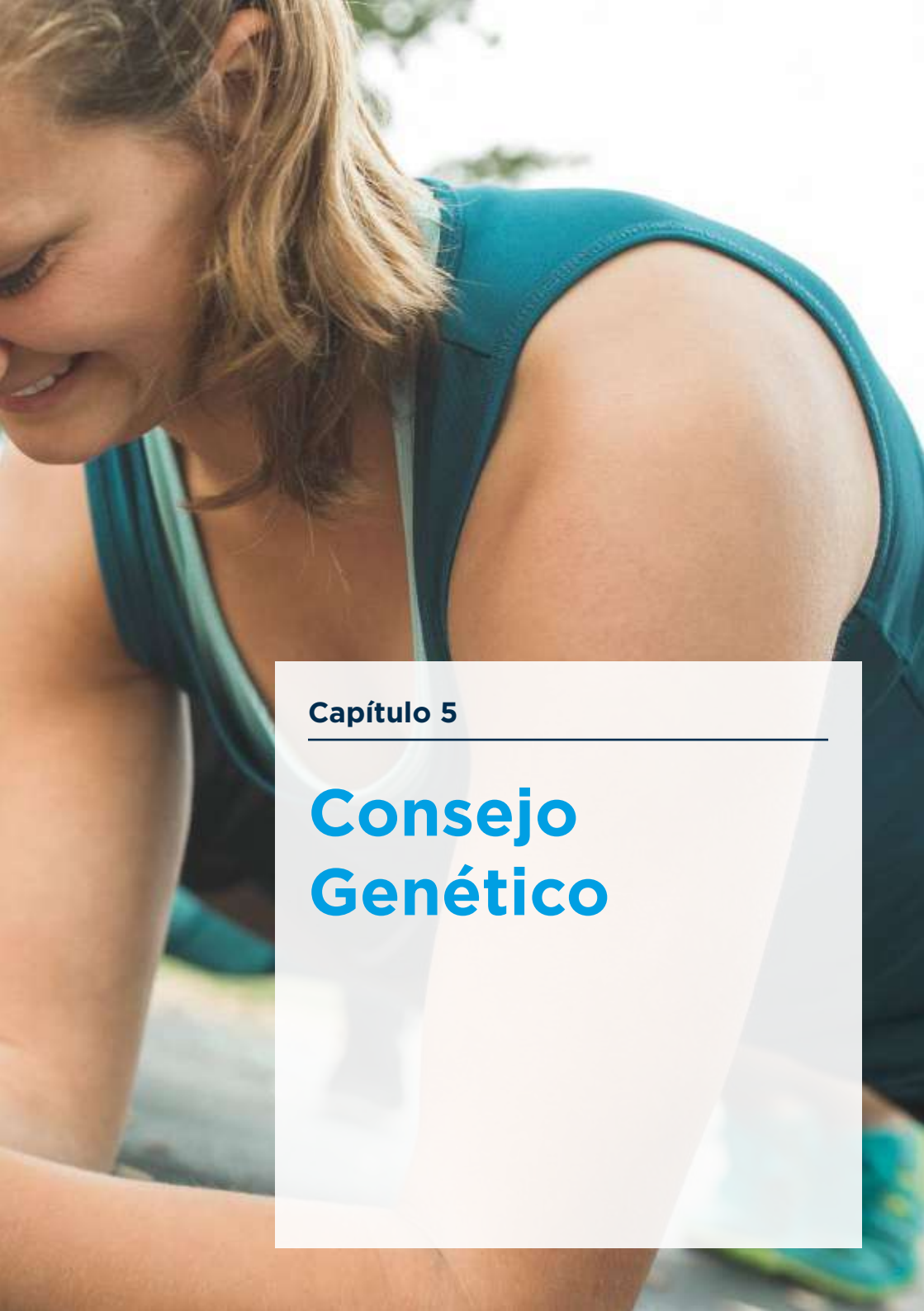
Este último apartado es obligado porque los datos son demoledores y nos queda mucho por hacer. La única respuesta ideal a esa pregunta es que no nos la deberíamos

tener que hacer, porque la formación en **maniobras de reanimación cardiopulmonar (RCP)** es simple, asequible a cualquier persona y su **inicio de forma precoz y correcta tiene un enorme impacto en el pronóstico del paciente** que sufre una muerte súbita.

Previamente, habíamos hablado del impacto social que tiene en muchas ocasiones la muerte súbita porque se produce con frecuencia en entornos públicos. Esto supone una oportunidad de oro para iniciar unas **maniobras de soporte** que, desgraciadamente, en muchos casos tardan demasiado en ponerse en marcha.

Repasando los datos de que disponemos, la mayoría de los casos de muerte súbita, y más aún aquellos relacionados con la actividad deportiva, son presenciados – hasta un 93% en algunas series – y sin embargo las maniobras de reanimación cardiopulmonar sólo se inician en un 30% de casos. La importancia de esto es muy fácilmente cuantificable: las **probabilidades de sobrevivir** y ser dado de alta tras el ingreso hospitalario después de una muerte súbita, y las probabilidades de hacerlo con menores secuelas o sin secuelas, **se multiplican por entre 3 y 4 si la persona que presenció el episodio inició maniobras de RCP.**

Este efecto beneficioso es similar al que produce la utilización de un **desfibrilador automático o semiautomático externo,** presentes en numerosos – aunque aún insuficientes – **espacios públicos y centros deportivos.** Un dato más apoya la **necesidad de formación de la población general en RCP:** la muerte súbita relacionada con deporte se produce en su inmensa mayoría durante – 92% de casos – o inmediatamente después – 7.4% en los 30 minutos posteriores – de la práctica del deporte. La probabilidad de que una muerte súbita relacionada con la actividad deportiva sea presenciada es, por tanto, altísima, y eso hace que nuestra obligación sea poder prestar esa atención inicial. No quisiéramos terminar este capítulo sin recomendar enérgicamente al lector que dedique unas pocas horas a adquirir una **formación con la que puede salvar vidas,** y a que asimismo se convierta en un **"embajador" que extienda a sus personas cercanas la convicción sobre la necesidad de hacerlo.**



Capítulo 5

Consejo Genético

Consejo Genético

La paradoja de ver como cae desfallecido, con la mirada pérdida, un joven atleta lleno de vida conmociona a sus compañeros, familiares y a toda la sociedad. Está tragedia puede ser incluso mayor si posteriormente otro familiar suyo sufre también una muerte súbita. El determinar qué casos son debidos a una **mutación en un gen** y por tanto que la **muerte súbita sea susceptible de repetirse en otros miembros de la familia** es de enorme utilidad en la **prevención** de estos fallecimientos.

Muchas de las etiologías principales de la muerte súbita cardiaca en los jóvenes son **congénitas y / o genéticas** por lo que la muerte súbita de una persona joven debe estudiarse dentro del **contexto de la familia.**

Durante los últimos años, se ha producido un **avance muy importante en la capacidad de analizar los genes** gracias a una nueva tecnología llamada **secuenciación de nueva generación (NGS).** Esta tecnología permite analizar simultáneamente y a un coste mucho menor que con las técnicas antiguas varios genes que podemos sospechar implicados en la muerte súbita.

Estos avances en la genética cardiovascular han añadido una **visión molecular** a estas enfermedades pero también han aumentado la complejidad y ambigüedad en la interpretación de las consecuencias clínicas de las anomalías genéticas en las mismas.

Tanto las pruebas genéticas premortem como post mortem permiten una **evaluación del riesgo y una terapia específica para los familiares** supervivientes de la víctima de una muerte súbita.

El consejo, o asesoramiento genético, es un proceso de comunicación con el paciente, en el que se le explica las **bases hereditarias** así como las **causas y consecuencias** de una enfermedad hereditaria, incluyendo la implicación para su familia.

Para ello se interpreta la **historia familiar y médica del paciente,** se determina las pruebas genéticas más idóneas en la familia y se establece una

estrategia de estudio genético y **plan de prevención para el paciente y los miembros de su familia.**

El consejo, o **asesoramiento genético,** ayuda a los pacientes a tomar decisiones informadas médicas y personales.

La incorporación del asesoramiento genético en la evaluación y el tratamiento de pacientes con afecciones cardíacas hereditarias, incluidas las arritmias y las miocardiopatías, se recomienda en las guías de detección precoz y seguimiento de éstas patologías y los beneficios entre otros son:

a) **Ahorro de tiempo para el cardiólogo,** solicitando y revisando los documentos clínicos adecuados, como informes de autopsias, pruebas genéticas realizadas etc.

b) **Selección idónea del estudio genético a realizar,** aquel con mayor utilidad clínica, validez analítica y nivel de detección, sí como selección del miembro adecuado de la familia para iniciar el estudio genético (caso índice).

c) **Conocimiento continuo de las actualizaciones y diversas opciones de estudios genéticos,** interpretación de variantes genéticas, correlaciones entre genotipo y fenotipo.

d) **Comunicación con el paciente y su familia,** interpretando correctamente los resultados de los estudios genéticos y su significación clínica en el contexto de la historia del paciente y su familia, explicación de las posibles opciones reproductivas para evitar tener un hijo afecto y promover la toma de decisiones informada por parte del paciente.

Etiología de la muerte súbita cardíaca

La enfermedad más comúnmente detectada en las víctimas de (muerte súbita cardiaca) MSC de **más de 35 años de edad** es la **arteriopatía coronaria.**

Sin embargo, en la población más joven, de **menos de 35 años** de edad, las **miocardiopatías** y las **arritmias hereditarias, canalopatías, tienen mucha más prevalencia.**

Según datos epidemiológicos, aproximadamente:

- El **80%** de los casos de MSC se atribuyen a **arteriopatía coronaria.**

- **10-15%** a **miocardiopatías** con un **sustrato morfológico**, como:
  - La miocardiopatía hipertrófica (MCH).
  - La miocardiopatía dilatada (DCM).
  - La miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho (ARVC), cardiomiopatía sin compactación (NCCM).
  - Enfermedades infiltrantes del miocardio. Las arteriopatías coronarias y las malformaciones congénitas del corazón, incluidas los orígenes anómalos de las arterias coronarias, no son rasgos mendelianos, es decir no se padecen ni heredan por una mutación en un gen determinado sino que tiene una herencia multifactorial.
- En el **5-10%** restante, la **causa de la MSC está relacionada con una afección cardíaca congénita estructuralmente anormal** (malformaciones cardiacas, anomalías de las arteria coronarias) o con arritmias sin ningún cambio estructural, incluidas muchas arritmias genéticas, como las canalopatías.

Etiología genética de la muerte súbita cardiaca en el atleta joven

En los últimos años, el conocimiento de las bases genéticas de diversas enfermedades cardiovasculares, ha permitido que se encuentre una **anomalía genética** en hasta un tercio de los casos con cambios estructurales en la autopsia y hasta en otro tercio en los que no se encontraban cambios estructurales.

Las enfermedades genéticas estructurales incluyen:

- La miocardiopatía hipertrófica (MCH).
- La cardiomiopatía arritmógénica del ventrículo derecho (CAVD).
- La miocardiopatía dilatada (MCD).
- La miocardiopatía ventricular izquierda no compactada (CCVI).
- Las roturas de la raíz aórtica de los síndromes de Marfan y Loeys-Dietz.

Las **enfermedades genéticas arritmogénicas** no estructurales son las enfermedades de los canales iónicos, como:

- El síndrome de QT largo (SQTL).
- El síndrome de Brugada (SBr).
- La taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica (TVPC).
- La fibrilación ventricular idiopática (FIV).

Estas enfermedades cardiacas hereditarias tienen una serie de características en común:

- La transmisión de la enfermedad sigue, mayoritariamente, un **patrón de herencia** autosómico dominante, aunque hay unas pocas excepciones. Este patrón de transmisión implica que, en la mayoría de las ocasiones el **riesgo de heredar la mutación de un progenitor portador es de un 50%,** y por tanto, también es un 50% el riesgo de transmitir la susceptibilidad a los descendientes. El ser portador es independiente del sexo de la persona.
- Una misma enfermedad puede ser debida a **mutaciones en distintos genes,** lo que implica que los **estudios genéticos** se realizan en al menos un panel de genes, es decir se analizan varios genes a la vez. También se ha comprobado que mutaciones en el mismo gen originan enfermedades distintas.

- Aunque estudiemos todos los genes relacionados con una de estas enfermedades, siempre existirán pacientes con el **diagnóstico clínico,** en los que **no se encuentre mutación** en los genes estudiados. Por ejemplo, en la **miocardiopatía hipertrófica,** a pesar de que se estudien todos los genes que conocemos ahora implicados en la enfermedad, entre el 30 y 40% de los pacientes diagnosticados y con antecedentes familiares no se hallará una mutación o variante patogénica.
- La **secuencia de bases nitrogenadas de los genes varía entre las personas.** Algunas de estas variaciones son benignas, no determinan enfermedad y otras sabemos por el tipo de variación y porque ya han sido descritas en otros pacientes que si son la causa de la enfermedad cardiovascular. Entre estos dos tipos de variaciones, aparecen otras, que no podemos clasificar en ninguno de los tipos señalados anteriormente. Son las variaciones de significado incierto (VOUS). Cuantos más genes estudiemos, más VOUS encontraremos y su reclasificación en patogénicas o benignas más depende de un equipo multidisciplinar de cardiólogos, médicos genetistas, genetistas moleculares y bioinformáticos.

Estrategia diagnóstica. Por quién iniciar el estudio en una familia

Como se ha mencionado anteriormente los estudios genéticos en las enfermedades cardiacas hereditarias, tiene una serie de **características que los hacen complejos de interpretar.** Los diferentes posibles genes implicados y las variantes de significado incierto, dificultan la interpretación y la utilidad clínica del estudio genético, más si el primer estudiado en una familia es un individuo sano.

Por tanto, para poder clasificar con mayor rigor la variante genética encontrada y obtener los resultados informativos más concluyentes y relacionarlos con una patología, es mejor **iniciar el estudio genético familiar en una persona claramente afectada.**

Además, dado que a veces hay **múltiples variantes genéticas** que contribuyen a la enfermedad en una sola familia, lo ideal sería que la prueba se iniciara en la persona con más probabilidades de albergar todas las variantes causantes de la enfermedad y frecuentemente será el individuo de la familia con la enfermedad más grave y / o el inicio más temprano de la enfermedad.

¿Cuándo hacer el estudio?

Las pruebas genéticas deben ofrecerse en el momento en que se realiza un nuevo diagnóstico de cardiopatía hereditaria.

La explicación del defecto genético, sus consecuencias sobre la fisiología cardiaca, su mecanismo de transmisión y el pronóstico que conlleva tienen una gran importancia en el momento del diagnóstico para poder aminorar las consecuencias de la enfermedad en el paciente y en sus familiares.

A aquellos pacientes con un diagnóstico antiguo de cardiopatía hereditaria se les debe ofrecer el diagnóstico genético antes de una gestación, pues es fundamental el conocer si es posible detectar la patología molecular presente en la familia para poder hacer un diagnóstico preimplantacional.

La mayoría de las enfermedades cardiacas familiares se heredan siguiendo un patrón autosómico

dominante, lo que implica que un individuo portador de una mutación tiene un 50% de riesgo de tener un hijo afecto.

Actualmente si se conoce la patología molecular presente en la familia, es posible evitar transmitir la enfermedad a los descendientes utilizando técnicas de reproducción asistida. Mediante un proceso de fertilización in vitro, es posible seleccionar aquellos embriones libres de la mutación que serán los que se transfieren a la madre evitando por tanto tener un hijo portador de la enfermedad.

El avance tecnológico de los estudios genéticos aumenta la capacidad diagnóstica por lo que a pacientes con diagnóstico clínico y estudio genético antiguo, en el que no se detectó la patología molecular, se les puede ofrecer reevaluación si cumplen los criterios diagnósticos. En estos casos podemos ofrecer la realización de un exoma completo (22.000 genes) o la secuenciación del genoma completo que ha demostrado que aumenta hasta en un 20% la posibilidad de hallar una variante patogénica.

Además, conviene revisar la historia familiar y los estudios genéticos realizados pues la segregación de una variante de significado incierto puede hacer que se reclasifique la misma como benigna o patogénica.

Tipos de estudios genéticos

Paneles

Desde la aparición de la secuenciación masiva o de nueva generación (NGS) los estudios de miocardiopatías hereditarias y arritmias hereditarias se ha realizado **eligiendo un número determinado de genes** en los que ya se conoce su relación con la enfermedad que queremos diagnosticar.

Tiene la ventaja de **mayor profundidad de secuenciación, mayor exactitud, menor número de variantes de significado incierto** (VOUS o variants of unknown significance), pero la desventaja que tienen que estar rediseñándose frecuentemente por la asociación de nuevos genes a las patologías que conocemos. Esto conlleva, que casi cada laboratorio elija de forma distinta los genes incluidos en su panel, por lo que antes de la prescripción, se ha de verificar los genes estudiados en cada caso.

Secuenciación de exoma completo (WES Whole Exome Sequencing)

Los **avances tecnológicos** en los equipos de secuenciación masiva y en los software de análisis están haciendo que la secuenciación del exoma completo, incluso del genoma, sea una alternativa atractiva en coste y capacidad diagnóstica para el **estudio de las enfermedades cardiovasculares hereditarias.**

El WES nos proporciona **datos de secuencia** para todos los genes conocidos y es superior en capacidad diagnóstica en aquellas familias con **cuadros clínicos no claros** en cuanto a su diagnóstico, además de realizar también el diagnóstico en los casos sindrómicos.

Es importante señalar, que se pueden **hallar mutaciones causantes de enfermedad en genes no relacionados con la patología** que se estudia, es decir hallazgos incidentales. Esta posibilidad se debe de advertir durante el asesoramiento genético previo a la realización de la prueba.

Esta ampliamente establecido el consenso de estudiar en todos los casos en los que se realiza un WES 59 genes relevantes recomendados por el grupo de expertos del American College of Medical Genetics.

Secuenciación del genoma completo. (WGS Whole Genome Sequencing)

En poco tiempo será la prueba de elección, pues además de la información proporcionada por el WES nos podrá **informar sobre alteraciones genéticas difíciles de detectar** actualmente con los paneles o con el WES como son las delecciones y duplicaciones grandes. Incluso podrá dar **información de variantes importantes en Farmacogenómica,** que determinarán la **dosis de fármacos adecuadas** para cada individuo y sus interacciones.

Se hará realidad la **medicina personalizada,** el tratamiento adecuado para la persona adecuada a la dosis adecuada.

Interpretación de los resultados de los estudios genéticos

Hay 2 etapas de interpretación de los resultados de las pruebas genéticas. La **primera etapa se desarrolla en el laboratorio,** donde se clasifican las variantes identificadas, en función de su frecuencia en la población general, su posición en el gen, su presencia en bases de datos públicas y además se analizan mediante programas de predicción bioinformática y se clasifican en 1 de 5 categorías:

1. **Benigno.**
2. **Probable benigno.**
3. **VUS.**
4. **Probable patogénico**
5. **Patogénico.**

Aunque se han hecho públicas nuevas directrices que han intentado estandarizar y aumentar la rigurosidad de la interpretación, con criterios más claros y con más evidencia, las interpretaciones proporcionadas para una variante determinada pueden diferir entre los laboratorios.

Además, pueden ocurrir actualizaciones y revisiones de la interpretación del laboratorio a medida que se obtiene más información de cohortes más grandes de pacientes.

Una **segunda etapa es la interpretación realizada por el clínico.** Es importante destacar que los **resultados de las pruebas moleculares deben interpretarse en el contexto del paciente** y deben integrarse con la información sobre la presentación, el curso de la enfermedad, los antecedentes familiares y los hallazgos del diagnóstico clínico.

La **información del historial familiar y la segregación** de una posible variante patogénica dentro de la familia pueden ser importantes para guiar la interpretación clínica de los resultados de las pruebas genéticas, especialmente cuando se identifican nuevas variantes genéticas. Los **resultados de las pruebas** genéticas son de naturaleza probabilística y deben interpretarse en el **contexto de los antecedentes médicos y familiares del paciente.**

La **colaboración y comunicación entre cardiólogos,** genetistas clínicos, genetistas moleculares y patólogos es la mejor garantía de la **correcta interpretación de los estudios** genéticos y alcanzar la máxima utilidad clínica para el paciente.

Asesoramiento genético posterior a la prueba

Tras los resultados del estudio se debe de realizar otra sesión de **asesoramiento genético.** En esta segunda sesión se **interpretan los resultados** del laboratorio teniendo en cuenta la historia personal y familiar del paciente, se comunican y explican los mismos y se aclara las implicaciones personales y familiares.

Tanto si el resultado es que no se han hallado variantes patogénicas como si son de significado incierto o patogénicas, es esencial esta segunda sesión de asesoramiento genético.

En caso de que **no se hallen variantes patogénicas,** dependiendo de la sospecha clínica inicial y de la historia familiar puede estar indicado el realizar **estudios más completos,** exoma o genoma, o bien determinar que este **paciente no ha heredado la enfermedad** presente en su familia.

Debido a que la tasa de detección de las pruebas genéticas para cada enfermedad cardiovascular hereditaria es inferior al 100%, un resultado negativo de la

prueba genética no descarta una causa genética heredada. Un **resultado negativo** en un paciente, simplemente significa que las **pruebas actualmente disponibles no pueden identificar la causa específica de la enfermedad** en la familia estudiada.

Si el resultado es la **presencia de una variante de significado incierto,** es posible que se decida hacer un **estudio de segregación** de la variante en la familia y poder reclasificarla como benigna o patogénica. Si no es posible realizar el estudio de segregación o no está indicado, todas las guías clínicas señalan que las variantes de significado incierto no han de conducir nuestra actuación clínica y por tanto no deben de tenerse en cuenta para el manejo del paciente ni de sus familiares.

Este resultado no se puede usar para pruebas genéticas predictivas en cascada en familiares. En cambio, los familiares en riesgo deben continuar la **vigilancia clínica.** La familia también debe mantener una relación con el servicio de genética cardiovascular, ya que las variantes de significado incierto se pueden reclasificar con el tiempo.

Cuando las pruebas del probando identifican una variante patogénica, el estudio nos proporciona una confirmación molecular del diagnóstico clínico.

El **gen específico,** así como la variante específica, deben **investigarse para obtener información pronóstica.** Por ejemplo, en la arritmia denominada síndrome del QT largo (LQTS), el gen con la alteración patógena determina el subtipo de enfermedad (LQT1, LQT2, etc.) y puede proporcionar información sobre los desencadenantes más probables de arritmias ventriculares (p. Ej., Actividad física o emoción intensa en LQT1, estímulo auditivo o período posparto en LQT2).

La ubicación y las propiedades de la variante específica también se pueden usar, junto con parámetros clínicos adicionales, para ayudar con la estratificación de riesgo de muerte súbita.

La **identificación de una variante patogénica** también permite la prueba en cascada de los parientes. Aquellos familiares que dan positivo para la variante deben continuar con la vigilancia clínica, mientras que aquellos que dan negativo para la variante probablemente no estén en riesgo y no requieran vigilancia clínica.

La prueba de un paciente sano para una variante patogénica

identificada en la familia se denomina **prueba genética predictiva.** Esta prueba debe realizarse **después de un asesoramiento genético previo,** porque un resultado positivo no sólo puede tener implicaciones para la atención cardíaca del paciente, sino también puede tener un impacto psicosocial en el individuo y sus descendientes.

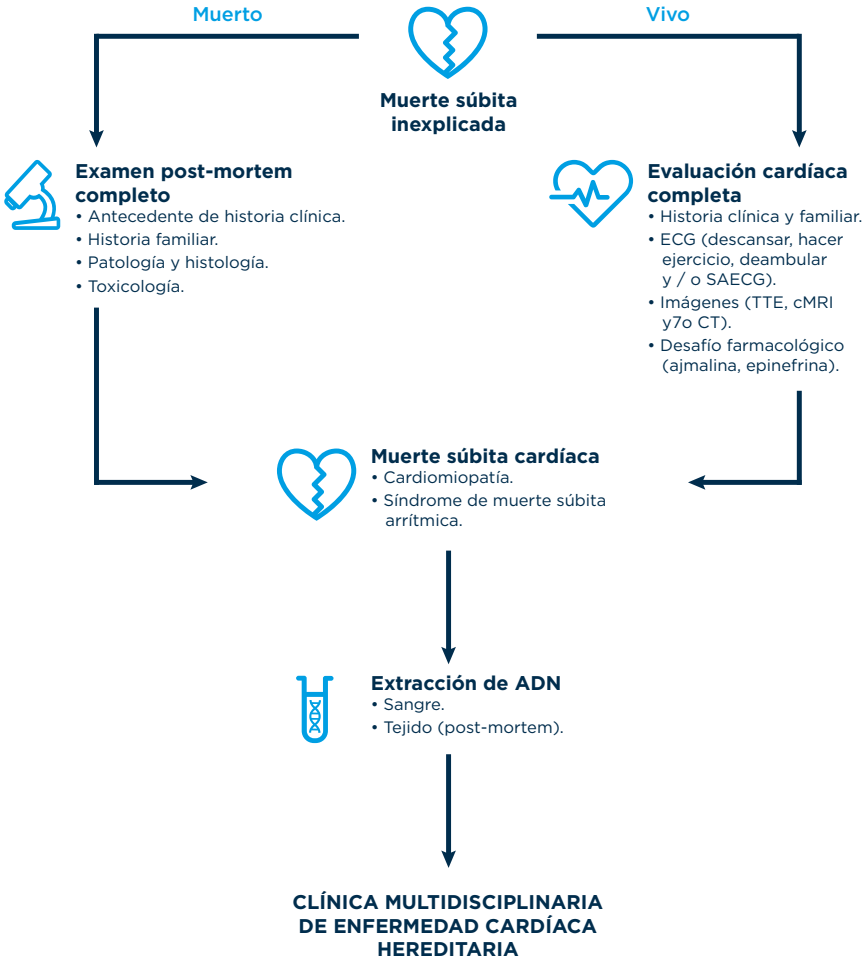
En la sesión de asesoramiento o consejo genético posterior a la prueba, la explicación de los resultados, tanto desde el punto de vista técnico como médico, puede ser difícil de entender por muchas familias. **Es muy importante que el paciente y sus familiares comprendan las implicaciones del resultado para todos los miembros de la familia.** En esta sesión es posible que el paciente si entienda lo que se le explica pero que posteriormente no pueda transmitirlo a sus familiares o a sus médicos.

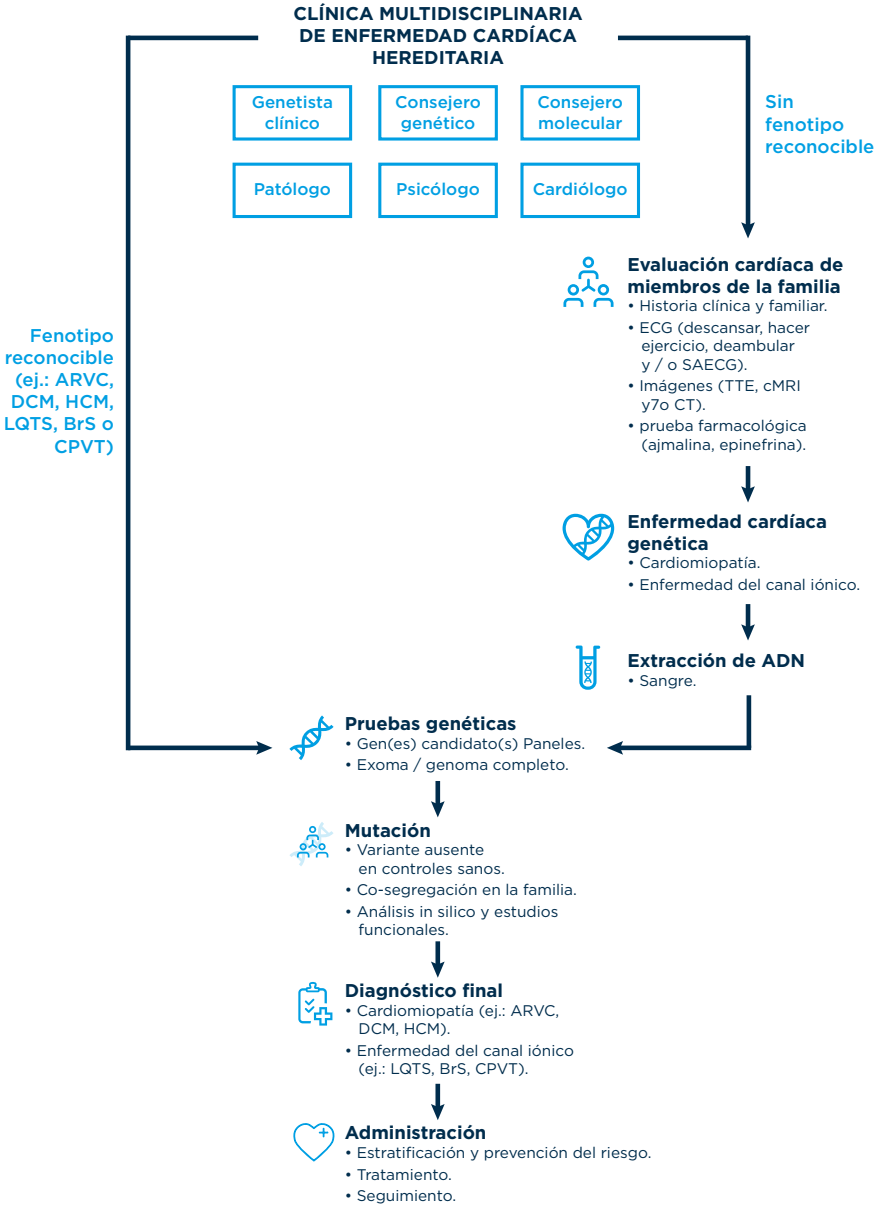
Por esto es esencial que además del informe con los resultados del laboratorio, se entregue al paciente un **informe de consejo o de asesoramiento genético,** en el que se haga un esfuerzo en explicar de forma lo más sencilla posible la consecuencia de los resultados para el paciente y su familia. En ocasiones es necesario también **entregar una carta para los familiares del paciente en el que se recomiende que acudan a un servicio de genética,** para determinar si están en riesgo de padecer la enfermedad estudiada en su pariente.

Por último, es muy importante no olvidar en esta sesión, si viene al caso, **explicar al portador de una variante patogénica el riesgo de transmisión a sus descendientes y las opciones reproductivas** que tenemos actualmente para que esto no ocurra. La **selección de embriones libres de la mutación** mediante diagnóstico preimplantacional antes de la transferencia en un ciclo de fertilización in vitro, permite el tener hijos no portadores de la mutación y que no padecerán la enfermedad en el futuro.

Explicación del cuadro

En la figura adjunta, modificada de **A.S. Amin, A.A.M. Wilde / Progress in Pediatric Cardiology 45 (2017) 49-54** se propone un **algoritmo de actuación en caso de muerte súbita** dentro de una unidad integrada de atención a las enfermedades cardiovasculares hereditarias.


Muerto
Vivo
Muerte súbita inexplicada
Examen post-mortem completo
• Antecedente de historia clínica.
• Historia familiar.
• Patología y histología.
• Toxicología.
Evaluación cardíaca completa
• Historia clínica y familiar.
• ECG (descansar, hacer ejercicio, deambular y / o SAECG).
• Imágenes (TTE, cMRI y7o CT).
• Desafío farmacológico (ajmalina, epinefrina).
Muerte súbita cardíaca
• Cardiomiopatía.
• Síndrome de muerte súbita arrítmica.
Extracción de ADN
• Sangre.
• Tejido (post-mortem).
CLÍNICA MULTIDISCIPLINARIA DE ENFERMEDAD CARDÍACA HEREDITARIA


CLÍNICA MULTIDISCIPLINARIA DE ENFERMEDAD CARDÍACA HEREDITARIA
Genetista clínico
Consejero genético
Consejero molecular
Patólogo
Psicólogo
Cardiólogo
Sin fenotipo reconocible
Fenotipo reconocible (ej.: ARVC, DCM, HCM, LQTS, BrS o CPVT)
Evaluación cardíaca de miembros de la familia
• Historia clínica y familiar.
• ECG (descansar, hacer ejercicio, deambular y / o SAECG).
• Imágenes (TTE, cMRI y7o CT).
• prueba farmacológica (ajmalina, epinefrina).
Enfermedad cardíaca genética
• Cardiomiopatía.
• Enfermedad del canal iónico.
Extracción de ADN
• Sangre.
Pruebas genéticas
• Gen(es) candidato(s) Paneles.
• Exoma / genoma completo.
Mutación
• Variante ausente en controles sanos.
• Co-segregación en la familia.
• Análisis in silico y estudios funcionales.
Diagnóstico final
• Cardiomiopatía (ej.: ARVC, DCM, HCM).
• Enfermedad del canal iónico (ej.: LQTS, BrS, CPVT).
Administración
• Estratificación y prevención del riesgo.
• Tratamiento.
• Seguimiento.

Conclusiones

En su conjunto las enfermedades cardiovasculares hereditarias monogénicas afectan a un segmento importante de la población. El **avance en la tecnología** de los estudios genéticos ha aumentado la capacidad diagnóstica en éstas enfermedades detectando de forma más eficiente personas sanas en las cuales se desarrollarán una de ellas permitiendo el **establecimiento de medidas preventivas** para aminorar las consecuencias de su padecimiento, en especial de la **muerte súbita cardiaca** así como la **trasmisión a sus descendientes.**

En la **aplicación clínica práctica** y sobretodo en la **prevención** los profesionales en genética médica y **asesoramiento o consejo genético** juegan un papel fundamental junto con los **cardiólogos** en el manejo de los pacientes y familias afectas. La **interpretación del resultado del estudio genético** en el contexto de la historia clínica del paciente es fundamental para poder **prevenir las consecuencias de ser portador de una mutación** en uno de estos genes como es la muerte súbita cardiaca.

Capítulo 6

Corazón y Actividad Física en la Etapa Senior

Corazón y Actividad Física en la Etapa Senior

El estudio del riesgo cardiovascular es un tema de permanente interés científico desde la segunda mitad del siglo XX. En el año 1948 el estudio de **Framingham** (Estados Unidos), es el **primer estudio longitudinal y con seguimiento a largo plazo,** diseñado con el objetivo principal de dilucidar los principales **factores de riesgo asociados al desarrollo de la enfermedad cardiovascular.** Desde entonces hasta la actualidad, la atención sobre la prevención vascular, fijada inicialmente en la etapa vital de la madurez (25-65 años), se desplaza gradualmente hacia el período de la senectud (> 65 años).

La **prevención vascular** se perfila en nuestros días como una nueva oportunidad de **retrasar la aparición de enfermedad,** fragilidad, discapacidad, dependencia y mortalidad en las personas que acceden a la condición senior. Oportunidad, cuyo beneficio sobre la **calidad y expectativa de vida** de la población mayor, descansa en tres premisas básicas: el desarrollo, consenso y difusión, entre las distintas disciplinas implicadas, de normas de actuación fundamentadas en la mejor evidencia científica disponible; la aplicación de estas normas por parte del cuerpo médico responsable de la asistencia sanitaria, y el cumplimiento de las recomendaciones por parte de la población diana. En este sentido, como se observará más adelante, la realización de **actividad física de forma habitual,** es una medida nuclear en el entramado preventivo de la enfermedad cardiovascular para todos los grupos de edad, máxime en la persona mayor.

Edad y enfermedad vascular: incidencia y prevalencia

La enfermedad vascular distingue básicamente tres grandes territorios de afectación:

- El corazón (cardiopatía isquémica) (CI).
- El cerebro (ictus o enfermedad cerebrovascular) (ECV).
- El resto del organismo (enfermedad vascular periférica) (EVP).

La manifestación aguda de la CI abarca la muerte súbita.

La **angina de pecho inestable** y el **infarto agudo de miocardio** (IAM). La manifestación aguda de la **ECV** comprende el accidente isquémico transitorio (AIT), de duración clínica < 24 horas, el ictus isquémico y el ictus hemorrágico, bien de localización intra-cerebral o subaracnoidea.

Por último, la manifestación aguda de la EVP engloba la ruptura de aneurisma aórtico, el tromboembolismo arterial y la isquemia de miembros superiores o inferiores.

Las consecuencias de estas manifestaciones agudas pueden ser devastadoras: discapacidad, dependencia o muerte. En consecuencia, identificar a los grupos poblacionales con mayor riesgo de sufrir estas manifestaciones agudas, es el primer paso para intensificar en ellos las medidas preventivas mostradas eficaces. Por tanto:

¿A quién afecta con mayor frecuencia la manifestación aguda de la enfermedad vascular?. ¿Cuál es la población con mayor probabilidad o riesgo de sufrirla?.

El estudio vascular de Oxford (Oxford Vascular Study), ofrece respuesta sobre la **incidencia** (número de casos nuevos de enfermedad en una determinada población y período de tiempo), de manifestación aguda de enfermedad vascular en el conjunto de la población. El análisis se realiza sobre los 91.106 habitantes de la ciudad de Oxford (51,5% hombres), donde los > 65 años suman 12.886 habitantes, representando el **14,1%** de

Edad (años)	Hombre	Mujer	Total	% Total Poblacional
< 35	22.581	20.273	42.854	**47,0%**
35-44	7.515	6.411	13.926	**15,3%**
45-54	6.092	5.589	11.681	**12,8%**
55-64	4983	4.776	9.759	**10,8%**
65-74	3.443	3.524	6.967	**7,6%**
75-84	1.936	2.615	4.551	**5,0%**
> 85	420	948	1.368	**1,5%**
TOTAL	**46.970**	**44.136**	**91.106**	**100,0%**
> 65	5.799	7.087	12.886	**14,1%**
> 75	2.356	3.563	5.919	**6,5%**

Tabla 1. Estudio Vascular de Oxford: población por sexo y grupos de edad.

Elaboración propia. Modificada de referencia 2.

la población (55% mujeres). Asimismo, los > 75 años (60,2% mujeres) constituyen el **6,5%** y los > 85 años responden del **1,5%** (69,2% mujeres) del total poblacional **(Tabla 1).**

Durante un seguimiento de 3 años, entre sus hallazgos se objetivaron **2.024 sucesos** vasculares agudos repartidos en **1.657 individuos** (1,8% de la población total): el **45%** (918) **cerebrovasculares**, el **42%** (856) **cardíacos,** el **9%** (188) **vasculares periféricos** y el **4%** (62) **muertes no clasificables.**

La incidencia y carga de enfermedad vascular según tipo y edad se muestra en la **Tabla 2.**

A la luz de estos datos se observan las siguientes conclusiones:

a) Poblacionalmente, la incidencia de ECV aguda es mayor que la incidencia de CI aguda y ésta es mayor que la incidencia de EVP aguda.

b) La incidencia de manifestación aguda de ECV, CI y EVP aumenta con la edad con un rango de valores respectivo, por 1.000 personas-año, y entre los < 35 años y los > 85 años de: 0,08 a 44,83 (x 560); 0,03 a 29,97 (x 999) y 0,01 a 8,77 (x 877).

c) Hasta los 65 años, la incidencia de CI aguda es mayor que la incidencia de ECV aguda. A partir de los 65 años de edad, esta tendencia se invierte y la incidencia de ECV aguda es mayor que la incidencia de CI aguda.

	ECV		CI		EVP	
Edad (años)	Número Casos	Incidencia (*)	Número Casos	Incidencia (*)	Número Casos	Incidencia (*)
< 35	10	0,08	4	0,03	1	0,01
35-44	19	0,45	25	0,6	1	0,02
45-54	46	1,31	71	2,03	11	0,31
55-64	108	3,69	133	4,54	28	0,96
65-74	232	11,1	221	10,57	42	2,01
75-84	319	23,36	279	20,44	69	5,05
> 85	184	44,83	123	29,97	36	8,77
TOTAL	**918**	**3,36**	**856**	**3,13**	**188**	**0,69**

Tabla 2. Estudio Vascular de Oxford: incidencia y carga de enfermedad vascular aguda según edad.

Elaboración propia. Modificada de datos suplementarios referencia 2. (*) por 1000 personas-año.

Respecto a la carga de enfermedad vascular aguda las conclusiones son:

a) Los sujetos > 65 años representan el **14,1%** de la población y **responden** del **80%** (735) de los episodios de ECV aguda, del **73%** (623) de CI aguda y del **78%** (147) de EVP.

b) Para los individuos > 75 años, que conforman el **6,5%** de la población, los datos respectivos son: ECV aguda **54%** (503), CI aguda **47%** (502) y EVP aguda **56%** (105).

c) Para las personas > 85 años, que engloban al **1,5%** de la población, los resultados son: ECV aguda 20% (184), CI aguda 14,4% (123) y EVP aguda 19% (36).

Otro síndrome vascular cardiogeriátrico de especial importancia es la **Insuficiencia Cardíaca (IC).** Ésta se produce cuando existe una **incapacidad por parte del corazón de hacer frente a las necesidades de oxígeno del organismo.** Se trata de un estadio avanzado de disfunción cardíaca al cuál se puede llegar por múltiples causas. Su principal manifestación clínica es la sensación de **falta de aire** (disnea) y la **fatigabilidad con la actividad habitual.**

El **estudio de Rotterdam** (Rotterdam Study) provee los siguientes hallazgos respecto a la incidencia y carga de enfermedad de la **IC** en una muestra poblacional de 7.983 sujetos > 55 años (Tabla 3):

Edad (años)	Número Casos	Incidencia IC (*)
55-59	4	1,4
60-64	27	3,1
65-69	56	5,4
70-74	113	11,7
75.79	136	17
80-84	166	30,1
85-89	137	41,9
> 90	86	47,4

Tabla 3. Estudio Rotterdam: incidencia y carga de enfermedad de Insuficiencia Cardíaca (IC) según edad.

Modificada de referencia 3. IC: Insuficiencia Cardíaca. (*) x 1000 personas año.

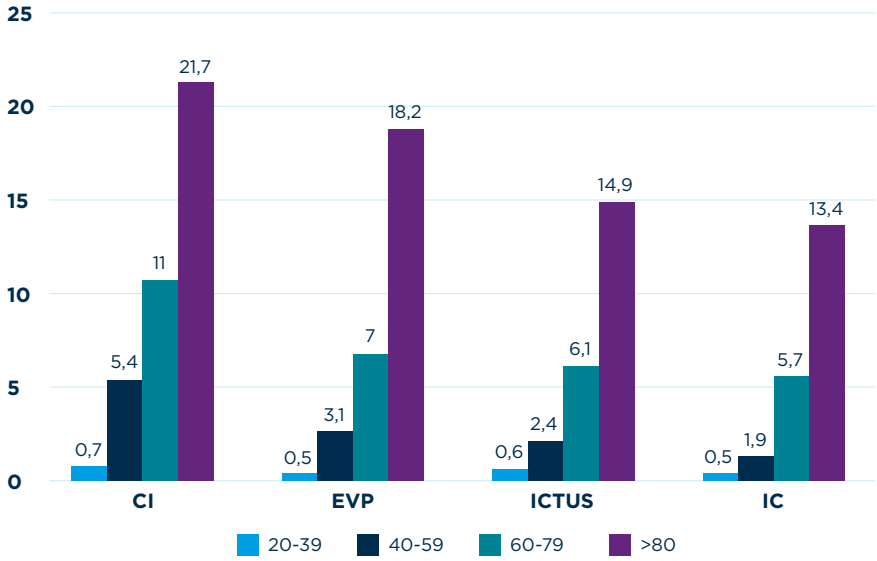
Las conclusiones son las siguientes:

a) La incidencia de CI aumenta con la edad desde un 1,4 x 1000 personas-año en el grupo de 55-59 años hasta un 47, 4 x 1000 personas-año en los sujetos > 90 años.

b) El grupo > **65 años** responde del **95,5%** de los casos incidentes de IC. Esta cifra es del **80%** para los > **75 años** y del 38,5% para los > 85 años.

La prevalencia de enfermedad es otro parámetro epidemiológico que indica la proporción de sujetos que presentan la enfermedad en un determinada población y período de tiempo. Incluye todos los casos de enfermedad, tanto los casos nuevos diagnosticados, como los casos ya conocidos previamente.

Los datos de la encuesta norteamericana NHANES en el período 2011-2014 indican como también la prevalencia de enfermedad vascular aumenta con la edad tanto en hombres como en mujeres **(Figura 1).**



CI: Cardiopatía isquémica; EVP: Enfermedad Vascular Periférica; IC: Insuficiencia Cardíaca.
Elaboración propia a partir de datos en referencia.

Figura 1. Prevalencia (%) de enfermedad vascular en la mujer según grupos de edad. NHANES (2011-14)

En conclusión, **el principal grupo etario que soporta el grueso de la carga de enfermedad vascular es el sujeto senior.** La siguiente pregunta es: ¿por qué sucede esto?. ¿Cuál o cuáles son los mecanismos implicados?.

Edad y enfermedad vascular: el proceso de envejecimiento

Tanto la **capacidad máxima de reserva funcional** de nuestros sistemas biológicos, como su mantenimiento, están genéticamente determinados, al menos hasta alcanzar el período de máximo potencial reproductivo (25-30 años). Posteriormente, se produce una depleción progresiva de la capacidad de reserva funcional. Este proceso es un fenómeno que depende fundamentalmente del azar. Así lo indican distintos estudios realizados tanto en mamíferos inferiores como en el hombre, donde los factores genéticos sólo explican el 35% de la variación de la longevidad dentro de una misma especie.

La capacidad de mantenimiento de la reserva funcional y por tanto la capacidad de supervivencia depende de un fino **equilibrio** entre la **intensidad de la lesión biológica** y la **capacidad de reparación** de la misma. Con el paso de los años existe un incremento exponencial de la primera y un declinar gradual de la segunda, sin un claro patrón establecido.

La lesión puede afectar a distintas zonas celulares como el núcleo, el citoplasma o la membrana celular. Los agentes productores de la lesión suelen ser distintas especies de oxígeno altamente reactivas (radicales libres). Por tanto, el oxígeno, elemento generador de vida lo es también de la muerte.

Los radicales libres son capaces de modificar azúcares, lípidos y proteínas produciendo complejos lipídicos o glicoproteicos altamente dañinos para la célula. La mitocondria, una organela del citoplasma celular, es la estructura donde reside la respiración celular y el lugar de mayor producción de radicales libres. Con la edad, el daño mitocondrial conduce a un descenso lineal de la capacidad de transformación de la energía (disminución de la eficiencia energética), hecho que a nivel del organismo se manifiesta como un descenso exponencial de la **máxima captación de oxígeno** (VO_2 max).

La lesión que acompaña al proceso de envejecimiento afecta a multitud de tipos

celulares. En el sistema cardiovascular puede acontecer en células con capacidad mitótica que forman parte de los vasos sanguíneos (fibroblasto, célula endotelial) donde el daño puede transmitirse a la descendencia o provocar la muerte celular por necrosis o apoptosis (muerte celular programada). En estas células mitóticas, existe un límite fijo de duplicación, que inicialmente se describió "in vitro" para el fibroblasto de embrión humano, y que ronda las 50-60 duplicaciones (límite de Hayflick). Una vez alcanzado este límite, en un tiempo cronológico variable, cesa la capacidad de división celular, lo que **no necesariamente implica la muerte celular.**

A este proceso se le denomina **"senescencia replicativa"** y sólo eluden su acción las células postmitóticas, las pertenecientes a la línea germinal, las tumorales y más dudosamente algunas células madre o "stem cell", quienes parecen tener una capacidad replicativa mayor, aunque no ilimitada. El mejor conocimiento de la causa de este proceso, el acortamiento telomérico, y la posibilidad de intervenir sobre éste, la introducción de la enzima telomerasa en el núcleo celular, abre nuevos caminos

Cardíacas	Vasculares
Disminución del número de miocitos	Incremento del diámetro aórtico
Hipertrofia de los miocitos supervivientes	Incremento del grosor de la pared arterial
Disminución de las células marcapasos	Incremento de la rigidez de la pared arterial
Aumento del grosor de la pared ventricular	Incremento de la velocidad de la onda pulsátil
Disminución de la velocidad de contracción	Disminución de producción de óxido nítrico
Incremento del tamaño auricular	Disminución ratio elastina /colágeno
Calcificación valvular	Aumento de la resistencia periférica.
Aumento secreción péptidos natriuréticos	Disminución sensibilidad de baroreceptores
Disminución de sensibilidad de los receptores beta al estímulo adrenérgico	Disminuye vasodilatación mediada por receptores beta-adrenérgicos

Tabla 4. Modificaciones cardiovasculares: envejecimiento primario.

terapéuticos para el control de los trastornos proliferativos, entre los que se encuentran la ateroesclerosis y las neoplasias. Ambos trastornos responden del 70% de la discapacidad y muerte producida en los sujetos senior pertenecientes a los países desarrollados.

Por otra parte, este daño también afecta a las células especializadas sin capacidad de división, como son los miocitos que conforman la capa media del corazón (miocardio), o las neuronas que inervan a dicho músculo.

En definitiva, la pérdida de miocitos cardíacos por apoptosis, con una tasa baja de regeneración por fatiga de las "stem cells", ligado al acúmulo de células senescentes provoca los cambios morfológicos y funcionales atribuidos al proceso biológico de envejecimiento primario o "per se" **Tabla 4.**

Los principales parámetros cardíacos a valorar son los siguientes **(Figura 2):**

1. Índice Cardíaco (IC):

IC (ml/min x m^2) = Gasto cardíaco (ml/mn) / Superficie corporal (m^2).

2. Gasto Cardíaco (GC):

GC (ml/min) = Volumen de eyección (ml) x Frecuencia Cardíaca (FC) (lat/min).

3. Volumen de Eyección (VE):

El volumen de eyección es la cantidad de mililitros de sangre expulsados por el ventrículo izquierdo en cada latido (100-125 ml). Éste será mayor cuanto mayor sea la **precarga** o repleción diastólica ventricular y la capacidad de **expulsión sistólica.**

La **precarga** será mayor cuanto mayor sea la presión de repleción (retorno venoso) y la capacidad de distensión venosa (compliance). La capacidad de **expulsión sistólica** será mayor cuanto mayor sea la contractilidad y cuanto menor sea la resistencia arterial periférica **(poscarga).**

4. Fracción de Eyección (FE):

FE (%) = Volumen de Eyección (FE) (ml) / Volumen diastólico final (ml).

Es el porcentaje de volumen expulsado por la contracción (sístole) del ventrículo izquierdo respecto al volumen inicial en relajación (diástole).

Los cambios edad-dependientes de estos parámetros, pueden variar en función de que la comparación entre jóvenes y seniors se realice de forma estática (en reposo) o dinámica (actividad física/ejercicio) **(Tabla 5).**

	REPOSO (25 años vs 80 años)	EJERCICIO (25 años vs 80 años)
Máxima Capacidad Aeróbica	-	Disminución (50%)
Índice Cardiaco	Igual	Disminución (25%)
Frecuencia Cardíaca	Disminución (10%)	Disminución (25%)
Volumen Eyección	Aumento (10%)	Igual
Precarga	Aumento (12%)	Aumento (30%)
Poscarga	Igual	Aumento (30%)
Contractilidad	Igual	Disminución (60%)
Fracción Eyección	Igual	Disminución (15%)

El conjunto de estas modificaciones edad-dependientes, extensibles a toda la población que envejece (fenómeno universal), ofrecen un sustrato biológico de incremento de riesgo cardiovascular que es acelerado por la adición de otros trastornos crónicos, no universales, sino selectivos y particulares de una parte o fracción poblacional (envejecimiento secundario), como la Hipertensión Arterial o la Diabetes Mellitus. Trastornos que también han demostrado una potenciación del riesgo vascular, pero que, a diferencia del envejecimiento primario, son susceptibles de intervención y por tanto de mejora y control.

Prevención cardiovascular primaria y actividad física

La enfermedad vascular, entendiendo por tal la combinación de Cardiopatía Isquémica (CI) y Enfermedad Cerebrovascular (ECV), constituye la primera causa de muerte y la segunda causa de discapacidad, en la población mayor de los países desarrollados. Este es la razón fundamental que sustenta la búsqueda de medidas dirigidas a su prevención.

Clásicamente, la prevención de una enfermedad distingue tres niveles:

- **Primaria** (aparición de la enfermedad).
- **Secundaria** (progresión de la enfermedad).
- **Terciaria** (repercusión de la enfermedad).

La **prevención primaria** tiene por objeto, en ambas enfermedades, reducir la incidencia de enfermedad, a través del conocimiento y control de los principales factores de riesgo que inducen su aparición. El problema de la enfermedad vascular, a diferencia de la enfermedad oncológica, donde la progresión de la enfermedad es más gradual es que, a menudo y sin previo aviso, **la aparición (incidencia) de enfermedad vascular significa la presencia de muerte súbita, de mortalidad prematura o de discapacidad de intensidad variable.**

Este hecho se debe en gran parte a la fisiopatología de la lesión ateroesclerótica, cuya evolución hacia la estenosis severa de un determinado lecho vascular, el más estudiado, el lecho coronario (síndrome coronario agudo), no discurre de forma progresiva y gradual en el tiempo, sino que es dependiente de la menor o mayor tendencia de la placa ateroesclerótica hacia la inestabilidad y consecuente rotura y oclusión vascular, independientemente del grado de estenosis vascular previamente alcanzado.

Es por ello por lo que, en el terreno vascular, la prevención secundaria alude a las medidas a adoptar una vez sucedido el episodio vascular (cuando ya es demasiado tarde) y no cuando la enfermedad se encuentra todavía en un estadio pre-sintomático susceptible de detección y tratamiento. La ausencia de una prueba de cribado o "screening" útil en la detección de enfermedad vascular, obliga a indagar en el conocimiento de los factores predictores más fiables de **oclusión vascular** cuando la enfermedad se encuentra en fase subclínica, para de esta forma, establecer distintas categorías de riesgo, adecuando la intensidad de la intervención a la magnitud del riesgo vascular de cada sujeto.

A la espera de que este camino fructifique, las posibilidades de estimación del riesgo vascular se han centrado, tradicionalmente, en el estudio individual de un determinado factor de riesgo (ej: malnutrición, inactividad física, tabaquismo, hipertensión arterial, diabetes mellitus, hipercolesterolemia, obesidad etc.) y más recientemente en la valoración conjunta y global de todos ellos.

A este respecto, la **edad** es el factor de riesgo más importante para el desarrollo de enfermedad vascular y para la aparición de sus manifestaciones agudas. Es por ello, que, a partir de los 75 años, toda la población puede ser considerada de alto riesgo vascular.

Este hecho ligado al ya mencionado de ausencia de una prueba de cribado útil, obligan en la práctica clínica a una aproximación **individualizada,** que debe incluir el conocimiento de la comorbilidad, fragilidad, discapacidad y expectativa de vida del individuo; el riesgo absoluto, relativo y atribuible que confiere un determinado factor de riesgo sobre la discapacidad y la mortalidad en esta población, y sobre todo, a conocer las **posibilidades terapéuticas de control** del factor de riesgo en cuestión, el tiempo que debe transcurrir entre el control del factor de riesgo y la aparición del beneficio, la tasa de abandono terapéutico, y el tiempo de equiparación de riesgos una vez abandonado el tratamiento.

Esta aproximación individualizada constituye la denominada **Valoración Geriátrica Integral (VGI).**

La Valoración Geriátrica Integral (VGI).

La VGI es la herramienta básica que permite una evaluación médica completa del sujeto senior. Esta evaluación será más necesaria en todas aquellas personas mayores que realicen cualquier tipo de actividad física que cumpla la definición de **ejercicio físico o deporte:**

- **Actividad Física:** cualquier movimiento del cuerpo producido por músculos esqueléticos que conlleva un gasto cardíaco por encima del nivel de reposo. La actividad física se describe mediante las dimensiones de frecuencia, intensidad, tiempo y tipo.
- **Ejercicio Físico:** tipo concreto de actividad física que corresponde a un movimiento corporal planificado y repetitivo, que se realiza para mejorar o mantener algún componente de la aptitud física.
- **Deporte:** todas las formas de actividad física que mediante una participación organizada o no, tienen como objetivo la expresión o la mejora de la condición física y psíquica, el desarrollo de las relaciones sociales y la obtención de resultados en competición a todos los niveles.

La VGI abarca dos elementos principales: la Valoración Clínica (VC) y la Valoración Funcional (VF).

La Valoración Clínica (VC):

Consta de la anamnesis o interrogatorio, la exploración física y las exploraciones o pruebas complementarias.

A) La **anamnesis** incluye los siguientes apartados:

- Antecedentes familiares: cardiovasculares y oncológicos.
- Antecedentes médicos:
  - Estado nutricional: escala de valoración nutricional.
  - Grado de actividad física.
  - Vacunaciones: gripe (Influenza), neumococo, tétanos.
  - Riesgo cardiovascular: tablas de riesgo cardiovascular.
  - Enfermedades agudas previas: pulmonares (neumonía), cardiacas (miocarditis, etc.).
  - Enfermedades crónicas y grado de repercusión y control: HTA, Diabetes Mellitus, neoplasias, etc.
  - Tratamiento farmacológico actual y real: la persona senior, suele tomar varios fármacos simultáneamente (polifarmacia si > 5 fármacos). Es por ello, que la adherencia a la prescripción suele verse comprometida. Por tanto, es muy importante informar verazmente al médico de cualquier medicación en curso así como de los suplementos naturales. El profesional médico debe conocer de cada medicación, **desde cuándo** se toma (inicio), **cuándo** se toma (horario), **cuánto** se toma (dosis) y si han existido modificaciones recientes de la misma.

B) La **exploración física** debe dirigirse de forma muy especial a evaluar los siguientes aspectos:

- **Medición de constantes vitales en reposo:** temperatura, presión arterial sentado y de pie, pulso, frecuencia respiratoria, saturación basal oxígeno (pulsi-oxímetro).
- **Índices biométricos:** peso, talla, índice de masa corporal (IMC) = peso (Kg)/ talla (m^2), perímetro abdominal.

- **Morfología general.** Nivel de atención, hidratación y nutrición. Coloración de la piel.
- **Exploración cardiovascular:** ritmo cardiaco, presencia de soplos, relleno capilar distal y presencia de pulsos periféricos.
- **Exploración pulmonar:** frecuencia respiratoria y ruidos sobreañadidos (crepitantes, roncus, sibilancias, etc.).
- **Exploración músculo-esquelética:** en las articulaciones comprobar la sensibilidad a la palpación, la tumefacción, las subluxaciones, la crepitación, el aumento de temperatura, el arco de movimientos activos o pasivos y la presencia de contracturas. A nivel muscular se valorará la masa muscular (hipertrofia/atrofia) y el tono mediante la flexión y extensión del codo y de la rodilla.
- **Exploración de los pies,** observando deformidades o lesiones que dificulten la bipedestación estable y la marcha.

C) Las **exploraciones complementarias** pueden ser necesarias según las enfermedades previas del individuo o según los hallazgos de la exploración física practicada.

- **Análisis sanguíneo:** hemograma, bioquímica (glucosa, colesterol, función renal, etc.).
- **Pruebas cardiológicas/vasculares:**
  - Electrocardiograma (ECG): para valoración del ritmo cardiaco, presencia de bloqueos cardiacos, o de signos de isquemia aguda o crónica.
  - Ecocardiograma: para valoración de valvulopatías, disfunción ventricular sistólica o diastólica, miocardiopatías, etc.
  - Ergometría o prueba de esfuerzo: se utiliza para determinar la existencia de alguna alteración de la respuesta del organismo al esfuerzo y es una forma de medir la capacidad aeróbica funcional. Permite calcular el valor máximo de consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca máxima con la que se desarrolla un determinado esfuerzo.
  - Eco-Doppler arterial de miembros inferiores: sospecha de claudicación intermitente.
- **Pruebas respiratorias:** pueden ser necesarias en pacientes con enfermedad pulmonar conocida o para tener un punto de referencia de los volúmenes pulmonares.

- Espirometría: para valorar restricción/obstrucción al flujo aéreo.
- Gasometría arterial: en casos muy seleccionados.

- **Pruebas óseas:** radiología convencional y/o densitometría ósea.

La Valoración Funcional (VF):

Consta de la evaluación de las Actividades Básicas de la Vida Diaria (ABVD), de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD), de las funciones cognitiva, afectiva, social, del rendimiento físico y del riesgo de caídas **(Tabla 6).**

En la persona mayor, la capacidad funcional es un elemento nuclear a evaluar, debido a su triple condición de ser un **método diagnóstico** (la disminución de la función siempre traduce un trastorno subyacente a evaluar), un **marcador pronóstico** (su mayor o menor nivel predice la mayor o menor probabilidad de

Escala/Test	¿Qué mide?	Método	Puntuación (Peor-Mejor)
Katz	ABVD	Entrevista con Paciente o Cuidador	G-A
Barthel	ABVD	Entrevista con Paciente o Cuidador	0-100
Lawton and Brody	AIVD	Autoadministrable o Entrevista con Paciente o Cuidador	0-8
Pfeiffer	Función Cognitiva	Entrevista con Paciente	10-0
MiniMental	Función Cognitiva	Entrevista con Paciente	0-30
Yesavage	Función Afectiva	Autoadministrable o Entrevista con Paciente	15-0
Guralnik	Rendimiento Físico	Ejecución con Paciente	0-12
Time up and Go (TUG)	Riesgo de Caídas	Ejecución con Paciente	> 20/< 20 sg

Tabla 6. Principales escalas utilizadas en la Valoración Funcional de la mujer senior.

ABVD: Actividades Básicas de la Vida Diaria. AIVD: Actividades Instrumentales de la Vida Diaria.

hospitalización, discapacidad, mortalidad y calidad de vida futura) y un **objetivo terapéutico** (la finalidad del plan de tratamiento es la restauración o maximización funcional).

A) **ABVD** y **AIVD.**

Las **ABVD** son las tareas relacionadas con el **autocuidado.** Son las primeras, cuya capacidad de autonomía se adquiere con el crecimiento, y las últimas, cuya capacidad de autonomía se pierde con el envejecimiento. Entre ellas se encuentran el comer, el arreglarse, el bañarse, el pasar de la cama a la silla, el usar el retrete y el control de los esfínteres.

Las **AIVD** se adquieren posteriormente y anteceden su pérdida a las ABVD. Son las tareas relacionada con la **autonomía personal** en el ámbito de la comunidad. Entre ellas se encuentran el preparar la comida, el realizar tareas domésticas, el tomar la medicación, el hacer recados, el administrar el dinero, el usar el teléfono y el usar transporte público. Estas tareas son más dependientes de una correcta función cognitiva y afectiva que las anteriores.

B) **Función cognitiva y afectiva.**

Para la ejecución de un **programa de ejercicio físico** es muy importante valorar la situación mental y emocional del paciente, puesto que el deterioro cognitivo o la alteración del estado de ánimo pueden dificultar la compresión del programa o la adhesión al mismo. Las escalas más comúnmente utilizadas para este fin son el **test de Pfeiffer** o el **test Minimental** (función cognitiva) y el **test de Yesavage** (función afectiva). Los test son un método de **detección de intensidad de anormalidad funcional** que obligan a una búsqueda activa de la causa o causas que originan dicha anormalidad.

C) **Valoración del rendimiento físico.**

El **test de Guralnik** o **Short Physical Performance Battery (SPPB)** se trata de una batería reducida de **pruebas de ejecución** para la **valoración del rendimiento físico.** Se administra antes de comenzar la actividad física para determinar el nivel de capacidad funcional y el programa de ejercicios más adecuado. Posteriormente al tiempo de duración del programa, este test se administra nuevamente, con el fin de objetivar las mejoras y planificar el progreso.

El test consta de tres partes:

- Valoración del Equilibrio.
- Valoración de la Marcha en 4 metros.
- Test de Levantarse y Sentarse (Tabla 7).

La valoración final se obtiene de la suma de las tres partes.

Según la puntuación obtenida podremos clasificar a la persona como:

- **Limitación severa o discapacitado** (0-3 puntos).
- **Limitación moderada o frágil** (4-6 puntos).
- **Limitación leve o pre-frágil** (7-9 puntos).

TEST DE EQUILIBRIO		
UN PIE AL LADO DEL OTRO **1 punto** = 10 segundos **0 puntos** = < 10 segundos Si puntúa cero ir directamente al test de velocidad de la marcha	**POSICIÓN SEMI-TANDEM** Talón de un pie a la altura del dedo gordo del contrario **1 punto** = 10 segundos **0 puntos** = < 10 segundos Si puntúa cero ir directamente al test de velocidad de la marcha	**POSICIÓN TANDEM** Talón de un pie a la altura del dedo gordo del pie contrario **2 puntos** = 10 segundos **1 punto** = entre 3-9 segundos **0 puntos** = < 3 segundos

TEST DE VELOCIDAD DE LA MARCHA	
Mide el tiempo invertido para caminar 4 metros a paso normal (utilizar el mejor tiempo de dos intentos)	< 4,82 segundos = **4 puntos** 4,82-6,20 segundos = **3 puntos** 6,21-8,70 segundos = **2 puntos** >8,7 segundos = **1 punto** Incapaz = **0 puntos**

TEST DE LEVANTARSE DE LA SILLA	
PRETEST El individuo debe cruzar los brazos sobre el pecho e intentar levantarse con los brazos cruzados en esa posición. Si es capaz realizará 5 repeticiones	**5 REPETICIONES** Medir el tiempo invertido para levantarse 5 veces de la silla, con la espalda recta lo más rápido posible, manteniendo los brazos cruzados **0 puntos** = > 60 segundos o incapaz **1 punto** = 16,7-59 segundos **2 puntos** = 13,7-16,69 segundos **3 puntos** = 11,2-13,69 segundos **4 puntos** = <11,2 segundos

Tabla 7. Test de Guralnik o Short Physical Performance Battery (SPPB).

- **Limitación mínima/sin limitación o autónomo** (10-12 puntos).

En función de esta puntuación se determinará el tipo de programa de ejercicio físico más específico

D) **Valoración del riesgo de caídas.**

El riesgo de caídas se considera **alto** si concurren una o más de las siguientes condiciones:

- Dos o más caídas en el último año.
- Una caída en el último año que haya precisado atención médica.
- Velocidad de la marcha < 0,8 m/sg (Velocidad = Espacio (4m) /Tiempo invertido (sg).
- Time up and go (TUG. "Tiempo de levantarse y salir") > 20 sg: el TUG combina la valoración de fuerza, equilibrio y marcha. Esta prueba consiste en medir el tiempo requerido para levantarse de una silla sin utilizar los brazos, caminar durante 3 metros, volver a la silla y sentarse. Cuando se invierte un tiempo > 20 segundos se considera que el anciano tiene un elevado riesgo de caídas.

Recomendaciones de ejercicio físico

La prescripción de ejercicio físico de realizarse de forma **individualizada** tras la realización de la VGI y en función de tres elementos básicos: la actividad habitual, la comorbilidad y la situación funcional global. No se debe olvidar, que para incrementar la adherencia, es conveniente adaptar el programa a los objetivos previamente consensuados con la persona, objetivos que respondan a la demanda real de sus necesidades y expectativas. En los capítulos 14 y 15 se hace visible los ejercicios de estiramiento y tonificación muscular.

Un programa de ejercicio físico en la etapa senior debe dirigirse simultáneamente a mejorar de forma progresiva cuatro atributos básicos: la capacidad de resistencia aeróbica, la fuerza y potencia muscular, la flexibilidad (movilidad articular) y el equilibrio (ejercicio multicomponente).

El **ejercicio aeróbico** aeróbico necesita de la presencia de oxígeno para su realización. Se trata de ejercicio de intensidad **moderada** pero de duración extensa. Suele recomendarse 150 minutos

semanales, repartidos en sesiones de 30 minutos por día durante 5 días a la semana. Se puede comenzar con 10 minutos e ir incrementando la duración de 10 en 10 minutos cada 2 semanas. Ejemplos de ejercicios aeróbicos de distinta intensidad se describen en la Tabla 8. Estos ejercicios y sus intensidades se pueden alternar para disminuir la monotonía. Realizar ejercicios variados ayuda a reducir el riesgo de lesiones por uso excesivo de la misma articulación.

El **ejercicio de fuerza y potencia** se basa en cuatro principios básicos: el principio de sobrecarga (un

Intensidad Baja < 3 METS < 50% FCM	Intensidad Moderada 3-6 METS 50-65% FCM	Intensidad Alta 6-9 METS 65-80% FCM
Caminar < 4Km/h	Limpieza de ventanas y suelo (45-60 mn)	Correr 8-9 Km/h (30 mn)
Baile lento	Lavar y encerar el coche (45-60 mn)	Baile vigoroso (30 mn)
Ciclismo < 10Km/h	Jardineria (30-45 mn)	Ciclismo a 20 Km/h (30 mn)
Billar	Movilidad manual en silla ruedas (30-40 mn)	Montañismo/Esquí (20-30 mn)
Bolos	Empujar un cochecito (30 mn)	Esgrima (15 mn)
Montar a caballo (Paso o trote)	Subir escaleras (10 mn) Bailes de salón (30 mn)	Montar a caballo al galope (20-30mn)
Canoa lento	Caminar 4-6 km/h (30 mn) Patinaje 15 Km/h	Remo (15-20 mn)
Golf	Ciclismo 10-20 Km/h	Baloncesto/Fútbol (15-20 mn)
Petanca	Natación lenta (15 mn) Tenis (dobles) (30 mn)	Natación rápida (15 mn) Tenis individual (30 mn)

Tabla 8. Tipo e intensidad de ejercicio aeróbico.

METS: Equivalente metabólico: cantidad de O_2 necesaria para el mantenimiento durante 1 minuto de las funciones metabólicas del organismo con el individuo en reposo y sentado. 1 MET equivale a 3,5 ml O_2/Kg x mn. FCM: Frecuencia Cardíaca Máxima = 220-edad. Para una persona de 80 años la FCM = 220-80 = 140 latidos/minuto.

estímulo produce un grado de adaptación muscular), de progresión (el incremento del estímulo intensifica la adaptación), de especificidad (diferentes estímulos para los distintos músculos) y de desentrenamiento (el cese del estímulo revierte la adaptación muscular alcanzada). Este tipo de ejercicio se recomienda al menos 2 días no consecutivos por semana con 8-10 ejercicios que incluyan la mayor parte de los grupos musculares (brazo, hombros, tórax, abdomen, espalda, caderas y piernas). Se pueden realizar con pesas (comenzando con 500 gramos o 1 Kg) o con cinta elástica.

El **ejercicio de equilibrio** está especialmente indicado para aquellas personas que tienen riesgo alto de caídas. Se recomienda realizarlo al menos 3 días por semana. Ejemplos sencillos son caminar de puntillas, de talones, o poniendo un pie delante del otro. El Tai-Chi y ciertas formas de baile son modalidades elaboradas de este tipo de ejercicio.

El **ejercicio de flexibilidad:** minimiza el riesgo de lesión muscular y facilita la mejora de actividades de la vida diaria como abrocharse los zapatos, ponerse calcetines o medias y alcanzar objetos elevados. Consiste en realizar estiramientos de entre 10-30 segundos de todos los grupos musculares con 3-4 repeticiones de cada ejercicio. Se recomienda su práctica al menos 2 días por semana durante un mínimo de 10 minutos. El "Pilates" tiene su fundamento en este tipo de ejercicio.

Para evitar lesiones, el ejercicio físico debe practicarse de forma paulatina, incluyendo una fase de calentamiento (5-10 minutos) antes de comenzar el esfuerzo y una fase de enfriamiento o estiramiento (5-10 minutos) al finalizar el mismo. En este sentido, es muy conveniente, la orientación de un profesional cualificado.

Programas de ejercicio físico en la edad senior

La valoración funcional del rendimiento físico mediante el Test de Guralnik o Short Physical Performance Battery (SPPB) clasifica al sujeto senior en 4 grupos principales:

- Con **limitación severa o discapacitado** (0-3 puntos),
- Con **limitación moderada o frágil** (4-6 puntos),
- Con **limitación leve o pre-frágil** (7-9 puntos) y
- Con **limitación mínima/sin limitación o autónomo** (10-12 puntos).

La estructura general de un programa de ejercicio físico multicomponente en la persona senior, debe constar de dos partes principales: una parte libre, sujeta a la actividad habitual o recreativa de la persona y una parte estructurada que complemente las carencias o suplemente las virtudes de la anterior.
La parte estructurada consta de 3 fases principales:

- Calentamiento o contracción suave.
- Esfuerzo o entrenamiento.
- Enfriamiento o vuelta a la calma y estiramiento.

La fase de esfuerzo o entrenamiento consta a su vez de las siguientes características:

- Tipo de ejercicio físico: aeróbico, fuerza, flexibilidad, equilibrio.
- Intensidad del ejercicio físico: tiempo o nº de repeticiones por ejercicio específico a una determinada velocidad de ejecución.
- Volumen del ejercicio físico: número de series de repeticiones por ejercicio específico
- Recuperación: tiempo entre repeticiones, series o días de trabajo.

- Distribución diaria y semanal de los tipos de ejercicio físico.
- Duración en semanas/ meses del ejercicio físico.
- Progresión y mantenimiento del ejercicio físico.

El contenido de cada una de estas características de la fase de entrenamiento en la persona senior autónoma, pre-frágil, frágil o con discapacidad, es un campo de investigación novedoso y, en consecuencia, sujeto a las limitaciones del conocimiento actual. En este sentido, el proyecto Vivifrail (www.vivifrail.com) promovido recientemente por la Unión Europea y desarrollado por prestigiosos grupos de investigación pertenecientes a hospitales y universidades europeas, con amplia representación española, es un intento de profundizar en la mejor estructura y desarrollo de los programas de ejercicio físico en los distintos grupos funcionales de mayores. El lector puede introducirse en la página web arriba señalada para ampliar, de forma muy práctica, la información específica a tal respecto.

Beneficios del ejercicio físico

En el siglo V (a C), Hipócrates y Platón describieron los **efectos beneficiosos de la actividad física** sobre el estado de salud y la longevidad. Pero no es hasta mitad del siglo XX, cuando se demuestra la relación inversa entre el **incremento del ejercicio físico y la disminución de la mortalidad** por enfermedad cardiovascular, principal grupo causal de muerte en la etapa senior. En esta etapa, limitaciones funcionales que se consideran como "normales" son en realidad consecuencia de la **inactividad,** y pueden ser **evitadas** o pospuestas con la realización de **ejercicio físico de forma regular.** Es importante tener siempre presente, que cualquier actividad física, por pequeña que sea es mejor que estar inactiva todo el día.

La realización de ejercicio físico multicomponente, promueve un **beneficio** tanto global de nuestro organismo, como particular desde el punto de vista físico, cognitivo, afectivo y social. Una **actividad física moderada reduce el riesgo de limitación funcional** y discapacidad física en un 30-50% en ambos sexos, y el riesgo de dependencia funcional en las ABVD en un 47% en los hombres y en un 62% en las mujeres. Asimismo, reduce el riesgo de padecer síndrome demencia en un 30%, depresión en un 41% y caídas en un 25%.

Hipertensión Arterial	Deterioro Cognitivo/Síndrome Demencia
Diabetes Mellitus	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
Hipercolesterolemia	Osteoartrosis
Obesidad	Osteopenia/Osteoporosis
Fibrilación Auricular	Cáncer de colon, mama, endometrio y pulmón
Cardiopatía Isquémica	Estreñimiento
Insuficiencia Cardíaca	Disminución riesgo de caídas
Accidente cerebrovascular	Trastorno de ansiedad y depresión
Enfermedad vascular periférica	Mejora de la capacidad funcional ABVD/AIVD
Incremento de la Expectativa de Vida y de la Calidad de Vida	

Tabla 9.- Trastornos prevenibles o mejorables mediante el Ejercicio Físico.

ABVD: Actividades Básicas de la Vida Diaria. AIVD: Actividades Instrumentales de la Vida Diaria.

Múltiples estudios demuestran que el ejercicio físico, iniciado en la edad senior, es efectivo para la **prevención o posposición y tratamiento de otros numerosos trastornos o enfermedades (Tabla 9).** La abrumadora evidencia científica sobre el beneficio del ejercicio físico en la persona mayor, obliga a preguntarse si es una actitud ética la ausencia de su prescripción.

En nuestro país, el beneficio poblacional de la promoción de ejercicio físico en la edad senior es potencialmente muy importante. Datos de la Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2011-2012 revelan que en el grupo de 65-74 años, un 48% de las mujeres y un 35% de los hombres no realizan ejercicio físico de forma habitual. Estas cifras se elevan progresivamente con la edad. Así, en el grupo de 75-84 años, la prevalencia de inactividad física es de un 60% para la mujer y de un 55% para el hombre, prevalencia que asciende en el grupo > 85 años a un 80% y 75% respectivamente.

Riesgos, contraindicaciones y adaptaciones del ejercicio físico

A pesar de que los beneficios obtenidos superan claramente los efectos secundarios, el ejercicio físico no está exento de riesgos. **Riesgos,** que aunque de **frecuencia baja,**

se minimizan aún más con la evaluación médica previa, con la adherencia a las indicaciones y contraindicaciones precisadas por el profesional sanitario y con el inicio de un programa lento, progresivo, moderado e individualizado a la capacidad fisiológica y funcional de cada persona. Asimismo, el **conocimiento** por parte de la persona senior de los síntomas de alarma para cesar la actividad física, es de suma importancia. Entre ellos se encuentran la **sensación de falta de aire** (disnea), el **dolor** u **opresión en el pecho** (dolor precordial), las **palpitaciones,** la sensación de **mareo** o la **pérdida de conciencia,** el **dolor muscular** o **articular moderado/intenso,** el **color azul en la piel de los labios** o **debajo de las uñas** (cianosis), la **confusión mental,** las **náuseas** o **los vómitos y** la presencia de una **piel pálida, húmeda** o **fría.**

Los **riesgos** derivados de la actividad física obedecen a dos tipos fundamentales: cardiovasculares y osteomusculares.

- **Cardiovasculares:** exacerbación de una enfermedad cardiovascular subyacente asintomática como la cardiopatía isquémica o la posible inducción de arritmias auriculares o ventriculares No obstante, este riesgo es relativamente bajo con el ejercicio moderado.
- **Osteomusculares:** mayor probabilidad de presentar lesiones osteo-articulares, como esguinces, tendinitis, roturas fibrilares, etc. Estos efectos secundarios dependen del tipo e intensidad del ejercicio. Por ejemplo, deportes colectivos de contacto como el fútbol o el baloncesto tienen más riesgo de lesión que actividades como caminar, nadar o bailar. Estas últimas son las indicadas preferentemente en la persona mayor.

Las situaciones donde el ejercicio físico está contraindicado o debe ser adaptado al estado de salud del sujeto senior son las siguientes: **(Tabla 10).**

Prevención cardiovascular secundaria y actividad física

Cardiopatía Isquémica (CI)

La cardiopatía isquémica es la enfermedad más común del corazón y el ejercicio físico ha demostrado ser una buena medida de prevención

tanto a nivel primario como secundario. Por este motivo se prescribe ejercicio físico como prevención y rehabilitación cardiovascular, consiguiendo mejorar calidad de vida, morbilidad, discapacidad y mortalidad en pacientes con enfermedad coronaria.

Las **recomendaciones generales** a la hora de realizar

Contraindicación	Adaptación
Enfermedad metabólica mal controlada: ej: Diabetes Mellitus con episodios de hipoglucemia o hiperglucemia	Retinopatia proliferativa activa (Evitar maniobra de Valsalva: espiración forzada con glotis cerrada).
HTA arterial severa (> 180/ 105 mmHg) Hipotensión ortostática no controlada	Úlceras incipientes en los pies (Evitar maniobras de sobrecarga del peso corporal)
Infarto Agudo Miocardio reciente (< 6 meses) Angina Inestable	Metástatsis óseas (Evitar fuerzas que condicionen un aumento de carga de los huesos afectos)
Estenosis aórtica severa	Osteopororsis (Prescribir actividades de bajo riesgo de caídas)
Endocarditis. Miocarditis. Pericarditis	Fractura reciente en el último mes (Contraindicado el entrenamiento de fuerza)
Arritmia auricular o ventricular no controlada	
Enfermedad tromboembólica aguda Insuficiencia cardíaca aguda o crónica avanzada Aneurisma disecante de aorta	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) (Prescribir ejercicio de intensidad leve) (Evitar ejercicio en las exacerbaciones)
Insuficiencia respiratoria aguda	Cualquier patología que cause limitación funcional severa reversible.
Enfermedad inflamatoria aguda: artritis reumatoide	
Pacientes con cáncer que desarrollen anemia, Leucopenia, plaquetopenia o fiebre	**Si aparece algún síntoma adverso durante el ejercicio como dolor muscular, dolor torácico, o sensación de ahogo se deberá parar el ejercicio y consultar al profesional médico**
Cualquier enfermedad que provoque una limitación funcional severa e irreversible	

Tabla 10. Situaciones de Contraindicación o de Adaptación del Ejercicio Físico.

ejercicio para personas mayores con cardiopatía isquémica estable son:

- Antes de iniciar el ejercicio es fundamental conocer cuál es el nivel de esfuerzo más adecuado que puede llevarse a cabo. Para ello se ha debido realizar previamente una exploración física general y cardiológica específica (pruebas de esfuerzo, ecocardiograma y analítica).
- No se debe comenzar el ejercicio con frecuencia cardiaca más alta de la prescrita (habitualmente en patología coronaria debe ser inferior a 60 latidos por minuto y menor a 70, si además se tiene insuficiencia cardiaca).
- No se comenzará o se suspenderá el esfuerzo físico con dolor precordial. Tampoco se realizará con fiebre o malestar general.
- La intensidad del esfuerzo debe ser moderada, evitando realizar el ejercicio con "actitud competitiva".
- No se debe realizar ejercicio en ayunas. Se recomienda practicarlo una hora después de haber ingerido una comida ligera.
- Es importante reponer líquido cuando se finalice el ejercicio y utilizar ropa que transpire correctamente.

Las **recomendaciones particulares** para atletas que participan en competiciones y tienen enfermedad coronaria aterosclerótica son las propuestas por la AHA/ACC (American Heart Association y American College of Cardiology). Estas recomendaciones están basadas en estudios en población adulta joven, lo que limita su aplicación a población senior, aunque pueden ser orientativas:

1. Los atletas deben ser sometidos a una **evaluación de tolerancia al esfuerzo,** isquemia inducible y presencia de inestabilidad eléctrica inducible por el ejercicio.

2. Debe realizarse una **evaluación de la función de ventrículo derecho.**

3. Deben ser tratados intensivamente con **fármacos hipolipemiantes.**

4. Deben demostrar una **fracción de eyección del ventrículo derecho > 50%**, no expresar isquemia inducible ni inestabilidad eléctrica con el ejercicio y estar asintomáticos.

5. Se debe **prohibir** la participación en deportes competitivos en las siguientes circunstancias:

   a. Al menos **3 meses tras un infarto agudo** de miocardio

o procedimiento de revascularización coronaria.

b. Si tienen **frecuencia cardiaca elevada** o agravamiento de síntomas de isquemia miocárdica.

c. Si existen síntomas y evidencia objetiva de **espasmo coronario.**

Valvulopatías: Estenosis Aórtica (EA)

La **Estenosis Aórtica (EA)** es la **valvulopatía** más frecuente en personas mayores, y la que más morbilidad, discapacidad y mortalidad produce. Además de los síntomas típicos que provoca (disnea, dolor torácico, síncope) también influye en la capacidad de realizar las actividades de la vida diaria. El tratamiento de la estenosis aórtica severa es quirúrgico.

En una reciente revisión sistemática se ha demostrado el beneficio de la **rehabilitación cardiaca** en pacientes operados de EA, logrando una **mayor capacidad máxima de ejercicio, independencia funcional y calidad de vida.** Los **programas de ejercicio** deben comenzarse precozmente **tras la cirugía.** Éstos suelen ser de una duración entre **dos o tres semanas** con supervisión de **fisioterapeuta** y **médico,** para posteriormente continuar de manera autónoma.

Aunque no están completamente definidos y pueden variar según las diferentes escuelas, un ejemplo puede ser comenzar con sesiones de **ejercicio aeróbico** y de **resistencia** durante 10 minutos, incrementando progresivamente de 5 en 5 minutos hasta alcanzar 30 minutos por sesión. No se debe exceder la intensidad del 70 % de la frecuencia cardiaca máxima.

Arritmias: Fibrilación Auricular (FA)

La relación entre la incidencia de FA y el nivel de intensidad del ejercicio físico es compleja y parece representar un gráfico en forma de U. Es decir, tanto a intensidad baja o nulo ejercicio como a intensidad alta de ejercicio, se observa una mayor incidencia de FA. Sin embargo, con la realización de ejercicio de intensidad moderada se observa la menor incidencia. Por este motivo, aún no están bien definidas las recomendaciones sobre la práctica de ejercicio a realizar en estos pacientes. De forma orientativa, se aconseja la realización de 3 – 4 horas semanales de ejercicio aeróbico (caminar, montar en bici, bailar, etc., a intensidad por debajo del umbral aeróbico).

Las características de los individuos con mayor riesgo de desarrollar fibrilación auricular inducida por el ejercicio son:

- Varones.
- Mayor edad en el momento del diagnóstico.
- Sometidos a entrenamientos de alta intensidad.
- Realización de deportes de alta resistencia.
- Entrenamientos durante más de 10 años.

Las **recomendaciones** de la AHA/ACC para atletas con fibrilación auricular que participan competiciones son:

1. Realización de estudio cardiológico que incluya test de función tiroidea, historia farmacológica, electrocardiograma y ecocardiograma. También se debe evaluar la presencia de HTA y de enfermedad coronaria.
2. Los atletas con fibrilación auricular que es bien tolerada, pueden participar en deportes de competición.
3. En los atletas con fibrilación auricular en los que esté indicado la terapia antitrombótica, es razonable, considerar el riesgo de sangrado en el contexto específico del deporte que realicen.

4. La ablación con catéter para revertir la fibrilación auricular podría obviar la necesidad de control de frecuencia cardiaca o utilización de antiarrítmicos, por lo que debería ser considerada.

Insuficiencia Cardíaca (IC)

La insuficiencia cardiaca (IC) es una **patología** típicamente **geriátrica.** Acontece fundamentalmente en ancianos, incrementando su prevalencia con la edad. Es el primer motivo de ingreso hospitalario en los servicios de geriatría. El 88 % de las muertes y el 75 % de los ingresos por IC ocurren en sujetos mayores de 65 años. Afecta a la calidad de vida, a la mortalidad, y, cómo no, a la situación funcional del paciente. Lo más frecuente es que ocurra con función sistólica preservada.

Como en muchas otras patologías, faltan estudios en personas mayores, sobre todo en mujeres y en pacientes con función sistólica preservada. Por ejemplo, en el trabajo más conocido y citado de los últimos años, el HFACTION, los participantes tenían una edad media de 59 años. Todos tenían disfunción sistólica y menos de un 30 % eran mujeres. Sólo el 20% de los pacientes incluidos tenían más de 70 años. Pero aún con esas limitaciones, los resultados sobre la utilidad del ejercicio aeróbico en ancianos no desmerecen de los conseguidos en adultos. Por ejemplo, se ha demostrado que el pico de VO_2 puede incrementarse en ancianos sanos sedentarios entre un 10% y un 25% tras realizar un programa de ejercicio, incluso hasta los 90 años.

Hay varios tipos de ejercicio que deben realizarse conjuntamente para conseguir mejores beneficios:

1. Ejercicio aeróbico

En pacientes mayores con IC con función sistólica deprimida (< 50%) se ha demostrado (aunque no en todos los trabajos publicados), la **mejoría en el VO_2,** en la distancia al **caminar durante 6 minutos** y en la calidad de vida. También **disminuye el riesgo de hospitalización** y hay resultados discordantes respecto al beneficio en la mortalidad. Es por ello que en la **Guía de la Práctica Clínica Europea** para el diagnóstico y tratamiento de la IC se recomienda hacer ejercicio con un nivel de evidencia máximo (I-A).

En la IC con función sistólica preservada -recordemos que la más prevalente en el anciano-,

los estudios que incluyen sujetos > 65 años demuestran que el ejercicio produce un **beneficio en la calidad de vida,** la distancia al caminar 6 minutos, la resistencia anaeróbica y en el pico de VO_2 máximo. Es cierto también que aún no se ha demostrado su efecto beneficioso sobre la mortalidad, la hospitalización o el coste-utilidad, por lo que esperemos que futuros estudios aclaren estas incógnitas.

2. Ejercicios de resistencia (tonificación muscular)

¿Es posible realizarlos en ancianos con IC? Parece que si, y es lógico que así sea, ya que la insuficiencia cardiaca es una enfermedad consuntiva que se asocia a una pérdida de masa muscular. El **ejercicio** de **resistencia** mejora dicha capacidad, si bien es cierto que los estudios publicados son poco concluyentes ya que tienen un número de participantes bajo.

3. Ejercicios de flexibilidad y potenciadores del equilibrio: Tai-Chi

El **Tai Chi,** ancestral forma de ejercicio proveniente de China, consiste en un conjunto de **movimientos lentos, acompasados y fluidos** que abarcan varias regiones musculares y tienen efecto sobre la fuerza, el equilibrio, la concentración, la relajación y el control de la respiración. Ha demostrado su utilidad en la población general, pero también en pacientes con patologías específicas como el cáncer, la artrosis o la IC. **Mejora la deambulación** (medida en distancia recorrida en 6 minutos), la **masa muscular,** la **calidad de vida**, el **dolor,** la **flexibilidad** y los **valores de tensión arterial.**

En general, los beneficios del ejercicio que acabamos de describir se pueden aplicar a aquellos pacientes con **IC crónica estable** (aquélla que no ha presentado reagudización en las últimas 6 semanas) y en estadio leve o moderado (disnea de moderado o pequeño esfuerzo). Parece también de sentido común poder indicarlo en pacientes con estadio muy leve (disnea de gran esfuerzo), aunque en la mayoría de los trabajos publicados no están incluidos sujetos de estas características. Hacer recomendaciones en ancianos con IC más avanzada (disnea en reposo) parece muy aventurado por la poca información disponible.

Tampoco tenemos muchos datos en los ancianos frágiles, o en aquéllos con comorbilidad o con un ingreso reciente por IC. El estudio RHAB-HF pretende dar respuesta a ese tipo de pacientes. No hay aún resultados, pero la prueba piloto realizada, eso si, sin poder estadístico, augura efectos esperanzadores.

4. Establecimiento de un programa de ejercicio en IC

No hay un consenso mundial en cómo realizar la rehabilitación cardiaca. Sólo en el Reino Unido hay más de 400 programas diferentes registrados. Estas diferencias se exacerban entre las diferentes guías de los distintos países y continentes. Todas están de acuerdo en realizar **ejercicio aeróbico,** comenzando con **intensidad leve e ir ascendiendo** hasta la moderada. Hay menos consenso e intentar alcanzar una actividad muy enérgica, que además debería estar monitorizada. Parece sensato pensar que los pacientes ancianos no deben alcanzar una actividad demasiado intensa.

Tampoco las guías son coincidentes en la necesidad de realizar ejercicios de resistencia muy vigorosos. Las guías americanas son las más favorables a ellos, pero otras, como las de Francia, Reino Unido, Japón o Australia, consideran que con alcanzar una intensidad leve-moderada es suficiente.

A continuación se propone una tabla de ejercicio general:

A) Iniciar con un **calentamiento** durante unos 15 minutos

B) Posteriormente continuar con **ejercicio aeróbico** (caminar, correr, nadar) de forma progresiva hasta alcanzar más de 30 minutos, 4-5 días a la semana, con una intensidad aproximada del 60-70 % de la frecuencia cardiaca máxima. Esto equivale a un

50-60 % del pico máximo de VO_2 o a 3-7 METS por hora de ejercicio.

C) Añadir **ejercicios de resistencia,** 2-3 veces semana, consistentes en series de 8 a 12 repeticiones utilizando todos los grupos musculares.

D) Proceder al **"enfriamiento / Cool down"** o vuelta a la calma. Está descrito que en los primeros 30 minutos tras un programa de ejercicio hay más riesgo de hipotensión, arritmia e isquemia miocárdica. Este riesgo se minimiza cuando se realizan ejercicios suaves progresivos de "cool down", durante un mínimo de 10 minutos. Pueden incluirse aquí ejercicios de flexibilidad y estiramiento.

E) Complementar en otro momento del día o en otros días, con ejercicios de **Tai-Chi** para potenciar el **equilibrio**, la **coordinación** y **minimizar el riesgo de caídas.**

Aunque todo lo que acabamos de explicar está enfocado en la **patología cardiaca,** es prácticamente imposible encontrar un anciano que tenga una sola enfermedad. Si tiene insuficiencia cardiaca, lo lógico es que se asocie a **otras patologías cardiovasculares** como obesidad, hipertensión, diabetes o dislipemia. Y con otras no relacionadas con el corazón como por ejemplo la artrosis, osteoporosis o depresión. O con algún **síndrome geriátrico** como la incontinencia o el riesgo de caídas.

No tratamos la IC, tratamos a un **paciente con insuficiencia cardiaca,** que tiene otras **enfermedades asociadas** y que tiene una situación funcional determinada. Es por ello, que el manejo ha de ser necesariamente holístico e integral y el **programa de ejercicio** debe ser **individualizado** para cada paciente. Además, hay que recordar que el ejercicio no solo contribuye a la **mejora de la función cardiaca,** sino que tiene efectos positivos en otras muchas áreas: disminuye la resistencia a la insulina, previene la hipertensión arterial, la obesidad, el deterioro cognitivo, la depresión, el riesgo de caerse o la pérdida de masa ósea. Y mejora los niveles de colesterol, triglicéridos, la situación física, la psicológica, la autoestima, la calidad del sueño, y la percepción de salud y bienestar.

Paradójicamente, aunque la práctica del ejercicio físico tiene esta gran cantidad de beneficios, es de las medidas menos utilizadas por los pacientes, y de las que menos tiempo dedican a recomendar y a explicar los médicos. Aunque no se alcancen los periodos de ejercicio

recomendados, hay que seguir incidiendo en la **importancia de la actividad física.** Incluso pequeñas cantidades de ejercicio obtienen beneficio. Se puede incorporar el ejercicio aeróbico en nuestro quehacer diario: Por ejemplo al ir a recoger a los nietos o al ir a la compra. **Cuanto más ejercicio mejor.**

Ejercicio estando sentado para pacientes con deterioro funcional

Son programas de ejercicio pensados y adaptados para las personas con deterioro funcional, fundamentalmente ancianos, a menudo frágiles. Estos programas han demostrado disminuir la presión arterial, la frecuencia cardiaca, el peso y el riesgo de caídas. El programa ha de tener los mismos principios que el "estándar", incluyendo ejercicio aeróbico, de resistencia y de flexibilidad, adaptado lógicamente a la posición de sentado, y debe contemplar las siguientes condiciones:

- Se ha de estar correctamente sentado, lo que permite un correcto retorno venoso y una buena capacidad de respirar.
- Evitar ropas muy apretadas.
- Evitar sobreesfuerzo en algún grupo muscular.
- Movilizar la mayor cantidad de grupos musculares posibles.
- Evitar ejercicios isométricos que exijan contener mucho la respiración.
- Evitar cambios posturales bruscos.
- Exige una supervisión e individualización.

Tratamiento farmacológico y actividad física

Fármacos antihipertensivos: beta-bloqueantes

El sujeto senior, expresa una menor taquicardización del corazón en respuesta al ejercicio. Este fenómeno recibe el nombre de **"incompetencia cronotrópica".** El envejecimiento normal conlleva una reducción aproximada de la frecuencia cardiaca máxima de 0.7 latidos/minuto/año.

Como los **betabloqueantes** son cronotopos negativos, es decir, que reducen la frecuencia cardiaca, pueden tener influencia en una menor tolerancia al ejercicio, ya que no se puede alcanzar unas mayores cifras de frecuencia cardiaca que hagan impulsar con más rapidez la sangre (y con ello el oxígeno y demás nutrientes) necesarios para el correcto funcionamiento de los músculos durante el ejercicio.

Fármacos antidiabéticos

Si usted es diabético estará cansado de que le nombren el ejercicio como forma de tratamiento de la enfermedad. De hecho la **dieta y el ejercicio** son las primeras medidas a tomar cuando se descubre que alguien tiene el azúcar alto. Y dependiendo del nivel glucémico y de la hemoglobina glicosilada, puede ser el único tratamiento recomendado en fases iniciales, pudiendo en fases más tardías ser necesario el uso de fármacos. Pero éstos estarán siempre acompañados de la dieta y el ejercicio.

Habrá que tener ciertas **precauciones,** sobre todo en lo referente al riesgo de hipoglucemia, ya que el ejercicio puede provocarlas. Es fundamental para un diabético (y también para los familiares y personal que convive con ellos), reconocer los síntomas de una **"bajada de azúcar",** para poder revertirlo a la mayor brevedad posible con un dulce o una bebida azucarada. A su vez, puede haber otro tipo de fármacos, como los betabloqueantes, que pueden enmascarar los síntomas de la hipoglucemia y dificultar su reconocimiento.

Es por ello que el paciente diabético debe conocer bien su enfermedad, ha de implicarse en su cuidado y debe reconocer los efectos secundarios que conlleva el tratamiento. Si realiza ejercicio mayor de lo normal, puede disminuir las cifras habituales de glucemia, por lo que en ocasiones se debe reducir la dosis de insulina o de antidiabéticos orales que tenga pautados previos al ejercicio.

Fármacos hipocolesterolemiantes

Las **estatinas** se utilizan para **reducir el nivel de colesterol** en sangre, como medida de prevención cardiovascular primaria y secundaria. Pueden favorecer la **aparición de dolor muscular y miopatía,** con elevación de enzimas de destrucción muscular. La incidencia de miopatía favorecida por estatinas puede incrementarse con la realización de ejercicio físico. Este hecho, puede favorecer un menor rendimiento físico y una menor adherencia a programas de entrenamiento debido a molestias musculares.

La mayor parte de la evidencia científica demuestra una disminución del rendimiento muscular en los individuos que toman estatinas, por lo que se ha planteado mejorar la resistencia muscular, mediante **programas de entrenamiento físico, antes de iniciar el tratamiento.**

Fármacos antitrombóticos

La **antiagregación plaquetaria** se emplea como **prevención cardiovascular** primaria y secundaria. Los **fármacos antiagregantes** (aspirina®, clopidogrel®, etc) y anticoagulantes (acenocumarol®, warfarina®, heparina, dabigatrán®, rivaroxaban®, apixaban®, etc.) aumentan el **riesgo de sangrado,** hecho a tener en cuenta para la evitación de ejercicios y deportes de contacto físico de alto impacto con riesgo de sufrir traumatismos.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

1. La **enfermedad cardiovascular** es **la primera causa de mortalidad** en el mundo y la **primera causa de discapacidad** en la población > 65 años de los países desarrollados.
2. El grueso de la carga de la enfermedad cardiovascular incide sobre la población **> 65 años.**
3. La **edad** es el principal **factor de riesgo** para el desarrollo de enfermedad cardiovascular
4. Todas las personas **> 75** años poseen un **riesgo alto de enfermedad cardiovascular**.
5. La **inactividad física o sedentarismo** es uno de los **principales factores de riesgo** para la aparición de enfermedad cardiovascular.

Recomendaciones

1. La realización de ejercicio físico o deporte precisa en el sujeto senior de una evaluación médica previa: la **Valoración Geriátrica Integral** (VGI).
2. El ejercicio físico debe ser **multicomponente** e incluir **ejercicio aeróbico**, de fuerza/ resistencia de equilibrio y de flexibilidad.
3. Los programas de ejercicio físico deben ser **supervisados por un profesional** especialista en la materia y **adaptados e individualizados** según las enfermedades y la situación funcional del paciente. El ejercicio físico debe formar parte de la actividad diaria de la persona mayor.
4. Es responsabilidad de la persona el **conocer los síntomas de peligro y las contraindicaciones** del ejercicio físico o deporte.
5. **Nunca es tarde** para iniciar un programa de ejercicio físico pues los beneficios aparecen incluso en edades muy avanzadas.

Swim & Dive

Capítulo 7

Cardiología del deporte en el niño sano

Cardiología del deporte en el niño sano

La cardiopatía isquémica y otras enfermedades relacionadas con la arteriosclerosis son una de las **causas más importantes de morbimortalidad en la vida adulta**, aunque su incidencia en la infancia y la adolescencia es excepcional. Sin embargo, se sabe que los depósitos de lípidos en los vasos sanguíneos se inician ya en edades tempranas.

Es de todos conocido que en la sociedad en la que vivimos, **los niños están sustituyendo la práctica deportiva por tiempo dedicado a actividades sedentarias**: la televisión, la consola, las tablets... Además numerosos informes indican que **nuestra población infantil padece** cada vez más de **sobrepeso**, tienen hábitos alimenticios menos saludables, consumen más grasas saturadas, más azúcares refinados...lo que sin duda va a incidir de forma importante en su corazón ahora y en el futuro.

Es fácil entender que es necesaria una actuación en este sentido. Debemos prevenir futuras enfermedades cardiovasculares en los niños y adolescentes, y para ello, promover **cambios en los hábitos de vida, actividad y alimentación**. Pero ¿cuáles son los efectos beneficiosos de la actividad física? ¿Y qué cantidad de actividad y de qué tipo tienen que hacer los niños? ¿Cómo se puede favorecer que se hagan dichos cambios?.

También somos conscientes de que la actividad deportiva no es igual de beneficiosa o apropiada para todos. ¿Cómo podemos saber si nuestros hijos corren riesgo haciendo deporte o cuál es el deporte más apropiado para cada uno de ellos? A estas preguntas trataremos de responder en las siguientes páginas.

Efectos beneficiosos de la actividad física en el niño

La actividad física en los niños produce efectos beneficiosos a muchos niveles:

- Va **prevenir** de forma global las **enfermedades cardiovasculares**:

- **Previene** y controla la **hipertensión arterial**.
- También tiene un efecto beneficioso al **prevenir la obesidad** y ayudar en el tratamiento de la misma cuando acompaña a una dieta adecuada.
- A su vez, **mejora los niveles de colesterol y triglicéridos** en sangre, mejora le metabolismo de los hidratos de carbono y es fundamental en el control metabólico de los niños diabéticos.

Pero además de sus efectos en el sistema cardiovascular, el ejercicio físico es beneficioso a muchos otros niveles, que también hay que tener en cuenta:

- **A nivel óseo**, mejora la mineralización de los huesos, aumenta la masa muscular.
- **A nivel psicológico:** se ha visto que es muy positivo para la memorización y los procesos de aprendizaje, disminuye la ansiedad y mejora la autoestima y la autopercepción.
- **A otros niveles:** mejora la función respiratoria y reduce ciertos tipos de cáncer.

Terminología de la actividad física y el deporte

Antes de detallar cuáles son las recomendaciones de actividad física para la edad pediátrica, es muy importante definir a qué nos referimos cuando hablamos de deporte, ejercicio, **actividad física**... pues aunque parezcan sinónimos, en realidad no lo son.

De forma sencilla, podemos definir actividad física como cualquier movimiento corporal que supone un consumo de energía.

Cuando dicha actividad física es planificada e implica movimientos repetitivos que se hacen para mejorar o mantener nuestra aptitud física, hablamos de **ejercicio físico**.

Si ese ejercicio lo hacemos de forma continua, sistemática, regular y progresiva, para mejorar nuestra eficiencia física, estaremos haciendo un **entrenamiento físico**.

Cuando entrenamos lo hacemos para mejorar nuestra **condición física** o "forma física", que depende de dos factores: por un lado nuestras características genéticas y por otro lado del nivel de actividad física regular que realicemos. La forma física tiene una serie de parámetros que pueden ser trabajados de forma aislada o conjuntamente, que son: la capacidad aeróbica, la resistencia, la fuerza y la flexibilidad.

Por último, y aunque difícil de definir, podemos decir que **deporte** es una actividad física en la que el sujeto busca superarse a sí mismo o a los

rivales, y para ello lo hace a través de un entrenamiento físico. Hay distintos tipos de deporte:

- **Deporte recreativo:** aquel cuyo fin es el ocio y la diversión. Es voluntario y quien lo practica no está sujeto a las exigencias de un programa o un entrenador, sino a las que él mismo se imponga.
- **Deporte de competición:** cuando el niño se encuentra integrado en un programa con el objetivo de ser campeones o conseguir ciertas marcas o records. En teste caso si están sometidos a las exigencias que dicho programa imponga. La importancia de diferenciar este tipo y el anterior es que en ciertos casos puede estar aconsejado el deporte, pero desaconsejado el de competición.

Recomendaciones de actividad física en escolares y adolescentes

Las recomendaciones de actividad física para niños y adolescentes **se basan en las propuestas por la Organización Mundial de la Salud en el año 2010** y podrían resumirse de la forma que sigue: (para unas recomendaciones más detalladas puede consultarse la página del Ministerio de Sanidad en **http://www.estilosdevidasaludable.msssi.gob.es/home.htm)**

1. Actividad física global: Se recomienda acumular al menos **60 minutos de actividad física de intensidad moderada** y/o vigorosa a lo largo del día, teniendo en cuenta los desplazamientos activos, a pie o bicicleta, la clase de educación física, los recreos de la escuela, la actividad física del tiempo libre...etc.
2. Practicar **actividades vigorosas** para el fortalecimiento muscular y óseo y actividad aeróbica moderada **tres veces a la semana**.
3. Es necesario **evitar activamente el sedentarismo**: caminar, subir por las escaleras en vez de usar el ascensor. Se debería estar menos de dos horas al día realizando actividades sedentarias (viendo televisión, jugando a videoconsolas, usando el ordenador...etc.). Para los niños menores de 5 años, la recomendación se limita a 1 hora diaria.

El **desarrollo de la actividad** y el ejercicio físico debe ser un **momento de diversión y juego**, para que supongan un refuerzo positivo, incorporándose a lo

cotidiano y convirtiéndose en un "hábito divertido". La actividad física ha de ser **promovida desde la familia**, desde el **ámbito escolar** mediante programas de **Educación Física completos** y, desde el **ámbito comunitario**, **mediante estrategias poblacionales**. En la **Tabla 1** se presentan los datos del Informe 2016 sobre Actividad Física en niños y adolescentes en España, para ilustrar la situación actual.

	CUMPLIMIENTO
Actividad física global	21-40%
Deporte organizado	61-80%
Juego activo fuera de la escuela	41-60%
Transporte activo	41-60%
Evitación sedentarismo	21-40%

Tabla 1: Resultados de Informe 2016: Actividad Física en niños y adolescentes en España.

Se ha de dar un **cambio de mentalidad de la población** hacia hábitos de vida saludables. Sería deseable **integrar la actividad física dentro de las actividades cotidianas**: ir andando o en bicicleta al colegio, usar el trasporte público, no usar el ascensor, interrumpir unos minutos los largos periodos de estar sentado... También es importante aumentar el tiempo dedicado a la actividad física los fines de semana y periodos vacacionales.

A la hora de elegir una práctica deportiva concreta, se ha de tener en cuenta tanto las características concretas de cada niño, su estado de forma previo, si existen o no patologías asociadas... También es fundamental atender a los deseos propios del niño, a sus gustos y preferencias, que van a ser la motivación que hará que mantengan la práctica deportiva en el tiempo.

Además, hemos de recordar que la práctica deportiva ha de **hacerse de forma segura**, cuidando el adecuado **aporte de líquidos, antes, durante y después del ejercicio**, sobre todo cuando el ambiente es caluroso.

La actividad física se recomienda en cualquier condición de salud. **No sólo la debe practicar el niño sano, sino que es beneficiosa también en niños con alguna patología o discapacidad**, siempre adaptada a cada situación. Pero, ¿cómo saber cuándo es segura dicha actividad? ¿A qué exámenes de salud debemos someter a la población infantil antes de que hagan ejercicio físico?.

Valoración previa a la práctica deportiva

Desde hace años se ha venido insistiendo en la necesidad

de realizar un **examen cardiológico a aquellos niños y adolescentes que van a iniciar o están desarrollando ya una actividad deportiva,** con el fin de que su práctica se haga de forma segura y disminuir así la incidencia de la denominada muerte súbita cardíaca.

Se denomina **muerte súbita cardíaca** a la **muerte natural que ocurre de manera inesperada por una causa cardíaca** (conocida o no) durante la hora siguiente al inicio de los síntomas. Otro concepto utilizado en relación a la práctica deportiva es el denominado **evento cardiovascular** relacionado con el ejercicio, que es aquel cuyos **síntomas comienzan durante o hasta una hora después de haber realizado ejercicio físico**.

Aunque la muerte súbita es un evento raro, se ha asociado con más frecuencia a personas que realizan deporte de forma regular, ya que exponen a su sistema cardiovascular a unas exigencias mayores. Además, en el caso de los niños y jóvenes, a diferencia de los adultos, es relativamente frecuente que no existan pródromos, ni tan siquiera antecedentes de enfermedad cardíaca.

De esta manera ha surgido la necesidad de diagnosticar a aquellos niños deportistas que se encuentran en riesgo de sufrir un evento cardíaco para realizar una prevención primaria adecuada y eficaz para cada caso. De esta forma, mediante la realización de reconocimientos médicos se pretende proteger la salud del niño deportista en relación a su actividad deportiva.

En el año 2014 se publicó la **Guía Clínica de Evaluación Cardiovascular** previa a la práctica deportiva en pediatría, liderada por la Sociedad Española de Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas y el Consejo Superior de Deportes, que cuenta con el apoyo de otras sociedades nacionales. **Los requisitos que debe cumplir la evaluación previa al ejercicio** de todo niño que realice una actividad deportiva que se detallan a continuación están basados en las recomendaciones de esta guía.

Reconocimiento Médico Deportivo (RMD). Objetivo.

¿Quién debe realizárselo y cuándo?

Tal y como se ha avanzado en el capítulo 2, el **objetivo principal** de estos **reconocimientos es detectar anomalías cardiovasculares** que puedan constituir un riesgo vital o de enfermedad para el niño y el

adolescente durante la práctica deportiva.

Los **RMD** van dirigidos a todos los **individuos en edad pediátrica que practiquen o vayan a practicar deporte de competición en cualquier disciplina**. Se aconseja realizar el estudio en aquellos niños que se encuentren **entre los 6 y 18 años**, sin importar la disciplina deportiva que practiquen. No obstante, se debe priorizar en el grupo de mayor edad y en aquellos niños que hagan deportes con componente dinámico alto y/o en aquellos en los que exista riesgo incrementado en caso de síncope.

Periodicidad del Reconocimiento Médico Deportivo

Tras el reconocimiento inicial, **se aconseja una nueva valoración cada 2 años** en el caso de los niños sanos, es decir, en aquellos donde no se han detectado anomalías cardíacas. Cuando se diagnostique alguna cardiopatía, el seguimiento habrá de ser individualizado.

Equipo examinador

El **estudio deportivo inicial**, que se detallará a continuación, puede ser realizado por los **siguientes especialistas**:

- Cardiólogos pediátricos
- Cardiólogos
- Médicos del deporte
- Pediatras
- Médicos de familia.

Si durante el examen se detecta alguna anomalía, se debe realizar un estudio más detallado. Para ello, estos niños deben ser remitidos a un **cardiólogo pediátrico** /

cardiólogo para realización de pruebas complementarias.

Estudio deportivo inicial

El reconocimiento deportivo inicial propuesto por la Sociedad Española de Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas para niños sanos no diagnosticados de cardiopatías hasta el momento actual se estructura en 6 bloques **(Figura 1):**

- **I. Datos de filiación e información general**

  Se recogen los datos personales relativos al paciente como su nombre, sexo, edad, etc.

- **II. Antecedentes personales**

  Se valorará:

  - La presencia de **soplos** diagnosticados previamente, y el diagnóstico en relación a ellos. Fundamentalmente, los **soplos cardíacos** se pueden clasificar en 2 grandes grupos:
    - **Soplos funcionales / inocentes**
    - **Soplos patológicos.**

  Los **segundos** están en **relación a cardiopatías** y en este caso habrá que realizar un examen más detallado, para valorar el grado de severidad de la misma y poder dar un consejo adecuado sobre la actividad deportiva que puede realizar el niño.

  - **Hipertensión arterial:** en el caso de que un niño tenga o haya tenido hipertensión arterial, es necesario conocer la etiología de la misma, la edad a la que se diagnosticó, si ha precisado o precisa medicación y si tiene un buen control de la misma.
  - **Medicación** en los 2 últimos años: ya que ciertos fármacos pueden interferir en la función cardíaca. Así, por ejemplo, aquellos niños que hayan recibido quimioterapia con antraciclinas deben ser estudiados con más exactitud para descartar cardiotoxicidad.
  - **Crisis convulsivas no aclaradas.** En los casos de antecedentes de crisis convulsivas no bien controladas o sin etiología clara, se debe indagar sobre las características de las mismas, ya que hay arritmias en la edad pediátrica que pueden producir síncopes, incluso con movimientos anómalos de las extremidades por hipoxia, que pueden ser confundidas con crisis neurológicas y ser potencialmente graves si

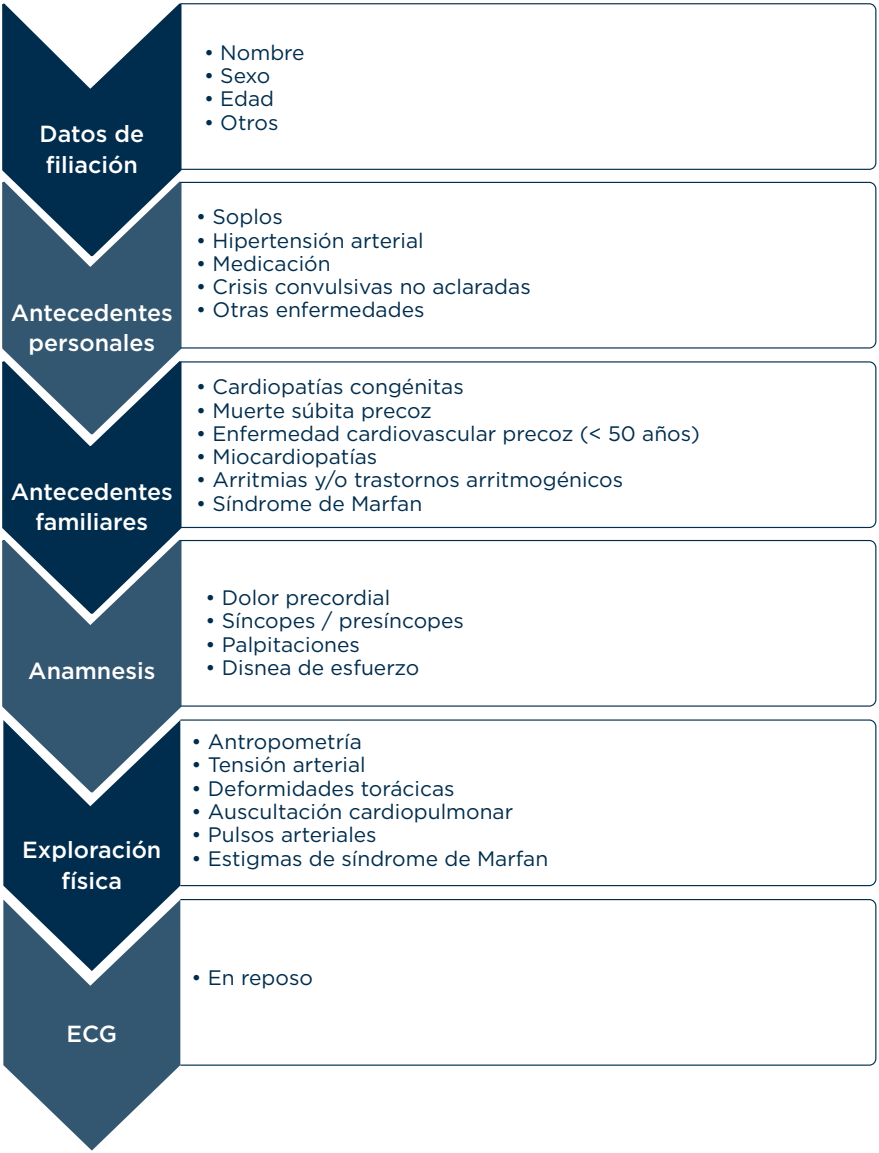


Figura 1. Diagrama del estudio deportivo inicial en niños sanos.

no se detectan y se tratan adecuadamente.

- **Otras enfermedades.** En este grupo se engloban enfermedades sistémicas que pueden afectar a las diferentes estructuras cardíacas o a su función, y por tanto incrementar el riesgo durante la práctica deportiva.

- **III. Antecedentes familiares**

  Se debe realizar una amamnesis detallada sobre los familiares de primer grado del niño, incidiendo sobre antecedentes de cardiopatías congénitas, muerte súbita precoz, enfermedad cardiovascular precoz (< 50 años), miocardiopatías, arritmias y/o trastornos arritmogénicos y síndrome de Marfan.

- **IV. Anamnesis**

  Se interrogará sobre la presencia de:

  - **Dolor precordial:** con la intención de descartar aquel que pueda ser secundario a isquemia coronaria, a un origen anómalo de una arteria coronaria o en contexto de una enfermedad de Kawasaki (Enfermedad multisistémica caracterizada por vasculitis) con afectación coronaria.
  - **Síncopes / presíncopes:** con especial atención a aquellos que se inducen por el ejercicio o con situaciones de estrés intenso, con ausencia de pródromos, donde la pérdida de conciencia es prolongada o donde exista clínica neurológica asociada que sugiera isquemia cerebral prolongada (rigidez y/o movimientos clónicos de extremidades durante más de 15-30 segundos). También se debe hacer hincapié acerca de las circunstancias dónde se producen, ya que pueden orientar el diagnóstico: durante el ejercicio físico o después del mismo, en situaciones de estrés o emociones intensas, nadando (casi-ahogamiento), desencadenados por estímulos auditivos o en situaciones con predominio vagal...
  - **Palpitaciones:** consideradas un síntoma de alarma cuando son inducidas por ejercicio físico intenso y/o situaciones de estrés o están acompañadas de otros síntomas que reflejan repercusión hemodinámica (especialmente síncope; también: taquicardia intensa, dolor precordial, sudoración, náuseas, disnea).
  - **Disnea de esfuerzo:** es decir, si el niño se cansa con

esfuerzos de leve-moderada intensidad y si esta clínica es de reciente aparición o no.

- **V. Exploración física**

  En el examen físico se valorará:

  - **Antropometría.** Se recogerá el peso, la talla y el índice de masa corporal (IMC) de cada niño. Los niños sanos que se encuentren entre los percentiles p3-p98 podrán realizar actividad deportiva sin restricciones siempre y cuando sea adecuada para su edad.
  - **Tensión arterial.** Se realizará una toma de la tensión arterial. Se considera que está dentro de la normalidad si se encuentra por debajo del percentil 90 por grupo de edad, sexo y talla. Se denomina tensión arterial normal – alta cuando se encuentra entre los percentiles 90-95 o en adolescentes está por encima de 120/80 mmHg. Se debe indicar la toma de 3 mediciones separadas en días diferentes o incluso la monitorización con un holter de tensión arterial en los casos de los niños con tensión arterial por encima del percentil 95 ó en adolescentes con más de 120/80 mmHg. Si se confirman esas cifras, se deberán remitir a los especialistas oportunos para completar el estudio.
  - **Deformidades torácicas:** la presencia de deformidades al menos moderadas a nivel de la caja torácica, más en concreto en relación con el esternón, se han asociado a patologías cardíacas como el prolapso mitral o arritmias.
  - **Auscultación cardiopulmonar:** para la detección de soplos que

sugieran cardiopatías no diagnosticadas hasta la actualidad.

- **Pulsos arteriales:** se valorará la presencia o ausencia de los mismos a nivel de las cuatro extremidades, así como sus características (si son saltones o débiles), para el despistaje de ciertas cardiopatías como la coartación de aorta o la persistencia del ductus arterioso.
- **Estigmas de síndrome de Marfan:** el síndrome de Marfan es una enfermedad que afecta al colágeno, presente en estructuras cardíacas y en la pared de los vasos. Se sabe que las personas que tienen esta enfermedad o cualquier otra colagenopatía deben tener un seguimiento cardiológico para la detección precoz de la afectación cardiovascular.

- **VI. Electrocardiograma (ECG) de reposo**

Se aconseja su realización a todos los niños y adolescentes, aún cuando la historia clínica y la exploración física no revele indicios de ningún riesgo cardiovascular. Es una prueba indolora que aporta una mayor sensibilidad en el screening, como se ha demostrado en numerosos estudios, aunque no alcanza el 100%. Es decir, un ECG informado sin alteraciones tiene una tasa de falsos negativos estimada entre el 4-10%. A su vez, la tasa de falsos positivos está entre el 1,9-16%. No obstante, lo más importante es que tras su introducción en los RMD se han reportado reducciones muy importantes en la tasa de muerte súbita en deportistas. Por ejemplo, en Italia se ha publicado un notable descenso (~ 90%) de muerte súbita entre los jóvenes atletas después de la implementación del programa nacional de screening predeportivo con ECG desde hace más de 25 años.

De forma general, no está indicada la realización de otras pruebas complementarias en el estudio predeportivo, como un ecocardiograma o prueba de esfuerzo, salvo que se detecten anomalías en la historia clínica, exploración física o el ECG de reposo **(Figura 2).**

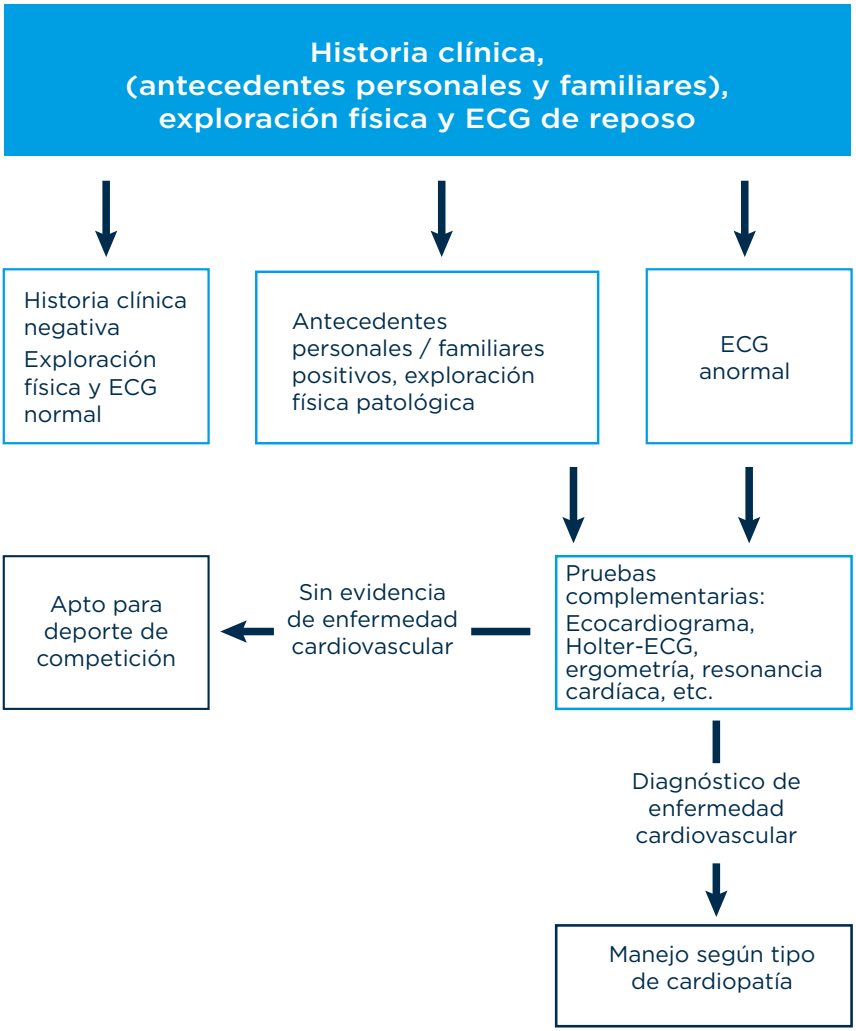


Figura 2. Esquema de actuación en el reconocimiento deportivo.

SWIMMING

Capítulo 8

Cardiología del deporte en el niño con cardiopatía

Cardiología del deporte en el niño con cardiopatía

Evaluación previa deportiva del niño con cardiopatía

El **ejercicio físico practicado de forma regular**, tanto a nivel recreacional como competitivo supone una **protección real** y definitiva frente **a problemas cardiológicos, neurológicos, endocrinos, obesidad, depresión**... tanto en personas sanas como enfermas. La clave está en identificar lo más razonablemente posible (nunca será 100%) posibles problemas antes de que aparezcan y en personalizar hasta qué nivel puede llegar cada persona en función de sus circunstancias.

Cada año **nacen en España 4.000 niños con una cardiopatía congénita**, patología que afecta a **ocho de cada mil niños nacidos vivos.** Los avances en los campos diagnósticos y de tratamiento han hecho que **en la actualidad más del 95% de los pacientes lleguen a la edad adulta**, muchos de ellos curados. En los pacientes que han sido sometidos a intervenciones quirúrgicas las cicatrices inevitables pueden ser fuente de arritmias durante el ejercicio, y las secuelas o lesiones residuales pueden resultar en sobrecargas para el corazón ya en situación basal y pueden aumentar durante el ejercicio.

Siguen presentes una serie de **mitos referentes a las cardiopatías y a la práctica del deporte**, en general l**imitando injustificadamente la actividad a estos pacientes**. Es fundamental manejar la clasificación que Mitchell hizo de los tipos de ejercicio **(Tabla I)** que, básicamente, pueden ser de **dos tipos: dinámico y estático;** el **primero** requiere cambios en la longitud muscular **sin grandes cambios en la fuerza muscular pero precisando un aumento del gasto cardíaco** (a expensas de aumentar tanto el volumen de sangre de cada latido como de la frecuencia cardíaca) **que genera un incremento de la tensión arterial sistólica**; en los atletas, el factor mas importantes la elevación del volumen telediastólico.

Por otra parte, las **contracciones estáticas a través de mecanismos reflejos inducen cambios mantenidos en la tensión arterial**, y a mayor masa involucrada y mayor intensidad de la contracción mayor elevación de la tensión; la realización de una maniobra de valsalva simultánea eleva aguda y transitoriamente la presión arterial transmural en los vasos extratorácicos pero no altera la postcarga cardíaca por mecanismos compensatorios; de esta manera, **produce pocos cambios sobre la frecuencia cardíaca y prácticamente ninguno sobre el volumen de eyección pero con un gran aumento de la tensión arterial**. Se puede decir que los deportes dinámicos tienden a sobrecargar los ventrículos de volumen mientras que los estáticos suponen un aumento de la carga de presión. Además es preciso **conocer qué tipo de metabolismo** (aeróbico o anaeróbico) **predomina en una actividad en particular antes de recomendar un tipo de ejercicio para cada caso de cardiopatía congénita.**

Las **condiciones del entorno influyen mucho** y también deben ser tenidas en cuenta (altitud, temperatura) **al igual que las posibilidades de impacto** (con dispositivos, balones, entre los propios deportistas, con el suelo o paredes…).

Recientemente, han sido publicadas unas guías europeas orientadas en la edad pediátrica, con referencia no sólo al deporte de competición sino al ejercicio físico ordinario y recreativo. **La mayoría de los niños con cardiopatía congénita pueden realizar deporte**, incluso de competición y en aquellos en que no es posible también es prescribir un modo de vida activo con programas de entrenamiento físico adecuados.

La Fundación Española de Cardiología recomienda que **los niños con cardiopatías congénitas practiquen deporte, con una valoración previa completa de su situación cardiovascular** (que incluye historia clínica completa, exploración física y exploraciones cardiológicas complementarias).

La prueba más completa tanto para maximizar la seguridad del deporte que se puede prescribir como para conocer las características de una persona, sana o enferma, en particular en cuanto a su metabolismo durante el ejercicio **es la ergoespirometría o test de esfuerzo cardiopulmonar.** A diferencia de la ergometría convencional **analiza los cambios cardiológicos**, pero también los **respiratorios**

y metabólicos. La importancia de esta prueba es tal que hoy en muchas cardiopatías las indicaciones de tratamientos, incluido el trasplante, se basan en sus resultados.

En este capítulo hemos tratado de agrupar las cardiopatías y el tipo de deporte que pueden realizar. Actualmente la prueba funcional de esfuerzo ideal es la ergoespirometría, para niños con cardiopatía, operada o no **(Figura 1)** que puede realizarse desde los diez años de vida por equipos muy cualificados.

Esta prueba permite además discriminar si la limitación del paciente es debida a problemas cardiológicos, respiratorios o mecánicos, por ejemplo, secundarios a deformidades causadas por la cirugía **(Figura 2)** orientando la mejor solución.

- **1. Cardiopatías en las que se puede realizar cualquier tipo de deporte (Tabla I)** con valoración clínica, electrocardiográfica (ECG) y ecocardiográfica (ECO) previa y controles anuales.

TIPO DE CARDIOPATÍA
• Estenosis pulmonar leve con gradiente sistólico pico menor de 40 mmHg
• Comunicación interauricular sin repercusión hemodinámica con presión pulmonar normal *
• Comunicación interventricular sin repercusión hemodinámica con presión pulmonar normal
• Conducto arterioso persistente sin repercusión hemodinámica con presión pulmonar normal
• Coartación de aorta nativa u operada con gradiente basal menor de 10 mmHg
• Estenosis aórtica leve con gradiente sistólico pico menor de 20 mmHg
• Insuficiencia aórtica leve
• Insuficiencia mitral leve sin repercusión hemodinámica sin repercusión hemodinámica
• Prolapso valvular mitral leve sin repercusión hemodinámica
• Válvula Aortica Bicúspide (VAB) normofuncionante sin dilataciones o estenosis**
• Bradicardia Sinusal
• BAV primer y segundo grado (Mobitz I)
• Extrasístoles supraventriculares con Holter ECG y Prueba de esfuerzo normales.
• Las taquicardias supraventriculares (TSV) sin arritmia durante el ejercicio, ni síntomas***
• Sincope Vasovagal
• Hipertensión arterial grado 1, o Tensión arterial Normal / Alta

*Se desaconseja la realización de submarinismo o buceo por el riesgo de embolismo por lo menos hasta ser corregido el defecto, si se ha cerrado por cateterismo no se recomiendan deportes de contacto durante los primeros 6 m después de puesto el dispositivo.
** No aconsejamos realizar deportes de alta carga estática porque podrían aumentar la dilatación y rigidez aortica.
*** Previa valoración con Holter ECG y Prueba de esfuerzo.

- **2. Cardiopatías en las que está permitido realizar todas las actividades a nivel recreativo recreativas**, con limitación para deportes de competición permitiendo sólo aquellos con carga estática y dinámica baja o moderada **(Tabla II)**. En caso de que se desee realizar deportes de competición con carga estática y dinámica alta (competición intensa), deben someterse previamente a una prueba de esfuerzo (ERGO) a intensidad máxima, para corroborar que es segura la realización de dicho ejercicio.

TIPO DE CARDIOPATÍA
• Estenosis pulmonar moderada gradiente sistólico pico 40-60 mmHg
• Comunicación interauricular con Presión en arteria pulmonar < 50% de la sistémica
• Comunicación interventricular con Presión en arteria pulmonar < 50% de la sistémica
• Conducto arterioso persistente con presión en arteria pulmonar < 50% de la sistémica
• Coartación de aorta nativa u operada con gradiente basal 10-20 mmHg
• Hipertensión arterial sistémica leve superior al percentil 95
• Extrasístoles ventriculares*
• Insuficiencia mitral leve-moderada sin disfunción ventricular y dilatación leve
• Insuficiencia aórtica leve-moderada sin dilatación o dilatación leve ventricular

*Que no desaparecen con ejercicio poco intenso

- **3. Cardiopatías (Tabla III)** en las que **está contraindicado el deporte de competición con alta carga estática y/o dinámica (Intenso)** y para la actividad recretativa precisan una evaluación previa ECG, ECO y ERGO

TIPO DE CARDIOPATÍA
• Estenosis aórtica moderada con gradiente sistólico pico de 20-50 mmHg
• Coartación de aorta nativa u operada con gradiente basal > 20 mmHg
• Hipertensión pulmonar presión sistólica en arteria pulmonar > 40 mmHg
• Cardiopatías congénitas cianóticas corregidas totalmente*
• Prótesis valvulares con gradiente residual mínimo
• Insuficiencia aórtica moderada-severa**
• Insuficiencia mitral moderada-severa**
• Hipertensión arterial sistémica Superior al percentil 97

*Individualizado en cada caso

**Con alteración del ECG (no isquémica) y dilatación de ventrículo izquierdo

- **4. Cardiopatías en las que está contraindicado el deporte de competición y la exigencia de la práctica recreativa debe ser poco intensa (Tabla IV).** Debe estudiarse cada caso de forma individual y precisa ECG, ECO, ERGO y en muchos casos alguna prueba complementaria más: Resonancia magnética, Holter ECG, cateterismo, etc. Las revisiones también han de individualizarse para cada paciente

TIPO DE CARDIOPATÍA
• Estenosis aórtica severa con gradiente sistólico pico > 50 mmHg, o alteraciones isquémicas en el EGC
• Miocardiopatía hipertrófica con o sin obstrucción
• Hipertensión pulmonar severa*
• Cardiopatías congénitas cianóticas No operadas o paliadas
• Coartación de aorta Gradiente basal > 50 mmHg
• Anomalías coronarias congénitas
• Insuficiencia mitral severa**
• Insuficiencia aórtica severa**
• Estenosis pulmonar severa con Gradiente sistólico pico > 60 mmHg
• Síndrome de QT largo

* Con Inversión del cortocircuito

** Con disfunción ventricular y dilatación severa

GRUPOS ESPECIALES

Miocardiopatía hipertrófica

Es la causa más frecuente de muerte súbita en deportistas jóvenes; por sí sola es responsable de un tercio del total de las muertes. Es muy frecuente, ocurre en una de cada 500 personas y subyace una alteración genética muy heterogénea ya que hasta la fecha han sido descritas más de 1.500 mutaciones en más de 11 genes que codifican las proteínas sarcoméricas, los discos Z y proteínas involucradas en el manejo del calcio.

Habitualmente **el diagnóstico no llega por vía genética**, sino por el hallazgo de un fenotipo típico habitualmente ecocardiográfico. **La muerte súbita se atribuye a taquiarritmias ventriculares** que suelen ocurrir en personas con factores de riesgo cuya descripción y enumeración están fuera del interés de este capítulo.

Los **pacientes con miocardiopatía hipertrófica (MCH) deberán disponer de**

ECG, ecocardiografía, prueba de Esfuerzo, Holter-ECG.

En aquellos pacientes con bajo riesgo de muerte súbita se permitirá la realización de deporte con componentes dinámico y estático bajos, pero si tienen antecedentes de muerte súbita familiar, síncopes inespecíficos, o arritmia ventricular no sostenida **estarán contraindicados todos los deportes de competición.** Las revisiones, en ambos casos, serán anuales.

Si el paciente es **portador de la mutación para MCH** pero ***sin manifestaciones clínicas,*** se hará un **ECG y ecocardiografía**; si no hay crecimiento del ventrículo izquierdo, arritmias ni síntomas se permitirá la realización de deporte recreacional, contraindicando el deporte de competición, con valoraciones anuales.

Miocardiopatía no compactada

También familiar, recientemente descrita y poco frecuente, aunque su incidencia y prevalencia reales son desconocidas. Se han descrito tipos de **herencia autosómicas dominantes, recesiva y ligada al X y todas comparten una detención embrionaria en la maduración del miocardio.** Precisa para su diagnóstico de la **realización de un ecocardiograma y habitualmente de una resonancia magnética cardíaca** y el pronóstico y las recomendaciones están muy ligadas a la situación funcional del ventrículo izquierdo, sin que haya recomendaciones concluyentes.

Miocardiopatía dilatada

No es excepcional que atletas normales, muy entrenados, presenten basalmente una dilatación del ventrículo izquierdo incluso con una función ventricular basal aparentemente disminuida, sin que sean más que cambios adaptativos. La **miocardiopatía dilatada es una enfermedad también de origen genético y multifactorial que suele llevar aparejada una disminución de la función ventricular.**

En la Miocardiopatía Dilatada (MCD) con diagnóstico definitivo **se indica valoración con ECG, ecocardiografía, prueba de Esfuerzo y Holter ECG.** No se recomienda la práctica de deportes de competición, con sus respectivas revisiones cardiológicas cada año.

Displasia arritmogénica del ventrículo derecho

Es una enfermedad con un predominio geográfico en la zona del Veneto italiano,

aunque no exclusiva de éste. Se **produce una muerte celular de miocitos**, fundamentalmente de la **zona de la salida del ventrículo derecho, siendo reemplazada por tejido fibroso y grasa disfuncionante; es muy habitual también la afectación del ventrículo izquierdo. Es de causa genética y muy localizada sobre los desmosomas.** Estos pacientes desarrollan arritmias ventriculares durante el ejercicio, que pueden ser mortales. El diagnóstico **requiere electrocardiograma, ecocardiografía y resonancia magnética.**

En todos ellos **se prohíbe la realización de ejercicio**, con la única y posible excepción de deportes tipo 1ª.

Pericarditis y miocarditis

La **miocarditis** se suele presentar como una **dificultad para el esfuerzo, con disnea, dolor precordial y arritmias** en personas sin antecedentes personales ni familiares de interés y es también una **causa no despreciable de muerte súbita que puede ser la primera y definitiva manifestación de la enfermedad.**

La **enfermedad evoluciona en tres fases: Aguda**, a menudo de causa viral, una segunda de **respuesta inmunológica** y finalmente **curación o evolución a dilatación ventricular. Durante la fase activa no está permitido la práctica de ningún deporte.**

Las causas de pericarditis son muy variadas y tienen tanto origen infeccioso como no infeccioso. En general **el pronóstico a largo plazo es favorable**, pero durante las fases agudas y subagudas debe restringirse el esfuerzo.

Cuando la miocarditis o pericarditis **se haya curado**, **se valorará la práctica deportiva con un ECG, ECO y ERGO;** si están asintomáticos, con función normal y sin arritmias se permitirán todos los deportes, con un **primer control a los 6 meses** después de la enfermedad.

Síndrome de Marfan

En Estados Unidos las **limitaciones de la práctica deportiva se realizan en función de la dilatación de la raíz aortica**, mientras que en Europa las recomendaciones se basan **según el genotipo y/o fenotipo**:

- Si el niño o adolescente posee el gen pero no lo ha manifestado clínicamente no se permiten los deportes de competición.

- Cuando el paciente no dispone del gen, pero físicamente es compatible con el diagnóstico de Marfan tampoco están indicados los deportes de competición.
- En el caso de un adolescente con características físicas incompletas de Marfan (fenotipo incompleto), del que se desconoce si posee el gen o no, pero tiene antecedentes familiares positivos, tampoco están permitidos los deportes de competición.
- Si se trata de un adolescente con fenotipo incompleto pero sin gen identificado, sin antecedentes familiares de Marfan, estarán permitidos todos los deportes, al igual que en aquellos que no parecen físicamente un Marfan, sin genética compatible pero con antecedentes familiares positivos.

Enfermedad de Kawasaki (EK)

A los pacientes que **no han tenido anomalías coronarias** se les **permitirán todos los deportes**, con **valoraciones cada 5 años**. Si ha tenido pequeños **cambios coronarios** (ectasia transitoria), que ha desaparecido **entre las 1-6 semanas**, se realizará ECG y ECO, y se le permitirá la realización de todos los deportes, con controles cada 3-5 años.

Si han tenido **aneurismas coronarios pequeños o medianos, se debe realizar ECG, ecocardiografía, y en mayores de 11 años una prueba de esfuerzo, si es posible con perfusión miocárdica**. En **menores de 11 años** se les **permitirá la realización de todos los deportes con valoraciones cada año de ECG, y ECO**; cada **2 años** se deberá añadir a los estudios **una prueba de esfuerzo** (si es posible, con perfusión miocárdica). Aquellos niños que reciben tratamiento con ácido acetil salicílico (Aspirina®) no pueden realizar deportes de contacto.

En aquellos **pacientes que han presentado aneurismas coronarios grandes o múltiples está indicado realizar ECG, ECO, y ERGO** (si es posible, con perfusión miocárdica), para decidir qué práctica deportiva será mejor, contraindicando los deportes de contacto. Se realizarán **controles cada 6 meses con ECG y ECO**, y cada **año con prueba de esfuerzo.** En algunos casos está indicado el cateterismo para realizar coronariografía antes de aconsejar sobre la realización de deporte.

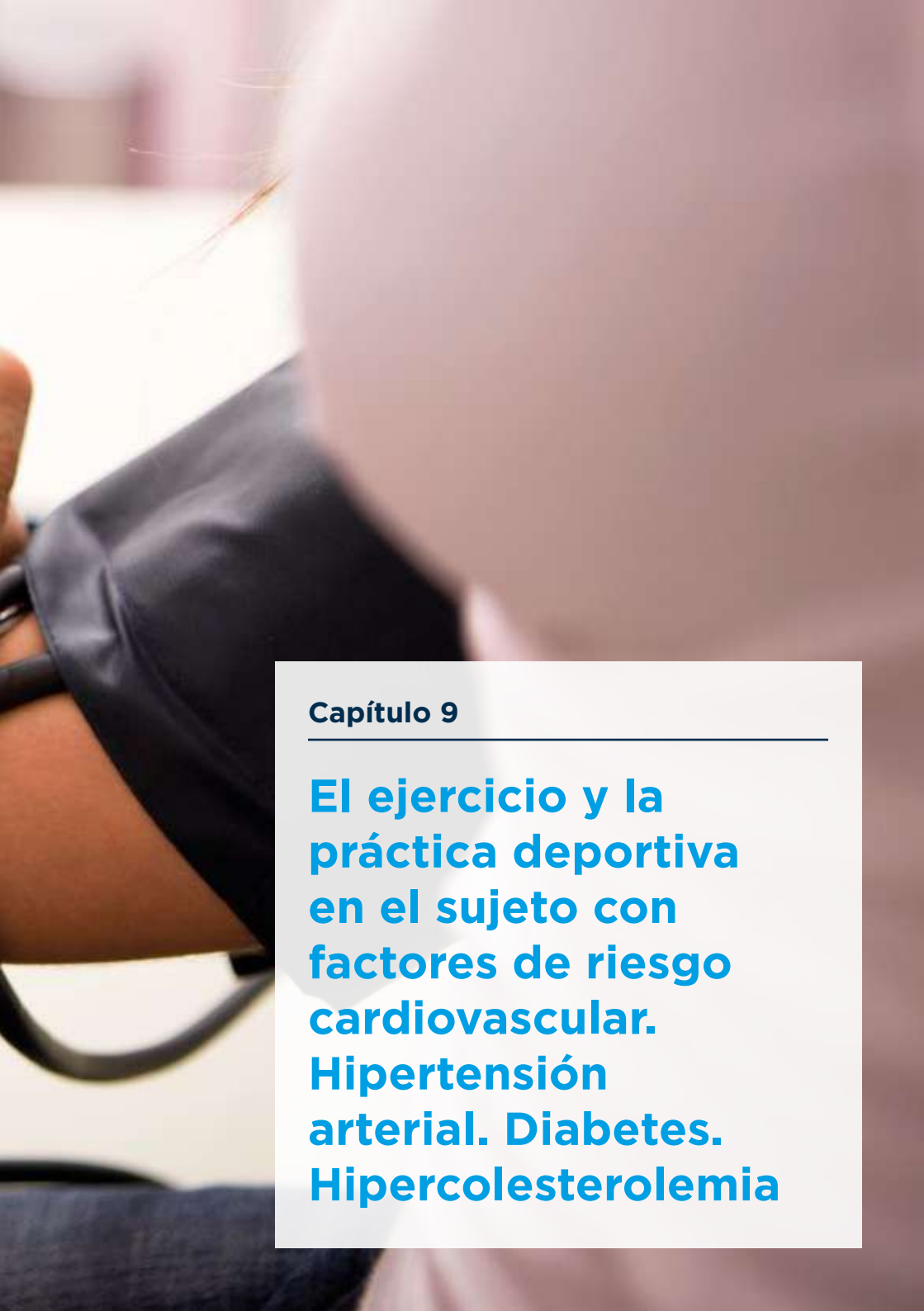
Portadores de marcapasos

Todos los pacientes portadores de marcapasos **deben tener una valoración con ECG, ECO, Holter-ECG, y ERGO;** si no hay arritmias, con una adecuada respuesta al ejercicio, se les permitirá deportes de componente dinámico bajo/moderado, estático bajo, evitando los deportes de contacto, porque los traumatismos pueden producir roturas en los cables o malfuncionamiento del generador.

Portadores de desfibriladores automáticos implantables

Deberán ser **estudiados con ECG, ECO, ERGO y Holter-ECG**. Si la función **ventricular izquierda es normal** y en ausencia de arritmias ventriculares malignas habiendo transcurrido al menos 6 meses desde la colocación del DAI, **se permite la práctica de deportes con componente dinámico bajo/moderado**, y estático bajo, evitando los deportes de contacto.

16
19



Capítulo 9

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con factores de riesgo cardiovascular. Hipertensión arterial. Diabetes. Hipercolesterolemia

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con factores de riesgo cardiovascular. Hipertensión arterial. Diabetes. Hipercolesterolemia

La **enfermedad cardiovascular aterosclerótica** es la causa más importante de **muerte prematura** en el mundo occidental, al tiempo que provoca un elevado número de casos de **discapacidad.** Así, se estima que la pérdida total de años de vida ajustados por discapacidad aumentará de 85 millones en 1990 a 150 millones en 2020.

El riesgo cardiovascular en un individuo se expresa habitualmente como un **porcentaje** que refleja su **probabilidad** de **tener una muerte de causa cardiovascular** en los próximos 10 años. Así se consideran como de **muy alto riesgo** aquellas personas con **>10%** de probabilidad y de **alto riesgo los valores 5-10%.**

Los principales factores de riesgo cardiovascular son el **tabaquismo, la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, la obesidad y la enfermedad renal crónica.** La herramienta más utilizada para calcular el riesgo cardiovascular en la población general son las llamadas **tablas SCORE** ajustadas al riesgo basal de cada país (ver imagen).

Más de la mitad de la reducción de la mortalidad cardiovascular en las últimas tres décadas se ha atribuido a un **mejor control en los factores de riesgo cardiovascular,** principalmente a reducciones en los niveles de colesterol y presión arterial, y a la reducción del número de fumadores. Sin embargo, esta tendencia favorable se ha visto parcialmente frenada por un

aumento de otros factores de riesgo importantes como la **obesidad** y la **diabetes tipo 2.** Se calcula que con cambios adecuados del estilo de vida, incluyendo dieta y ejercicio, se podrían prevenir más de tres cuartas partes de la mortalidad cardiovascular (tabla 7, del capítulo 2 pagina 40).

Beneficios del ejercicio en el perfil de riesgo cardiovascular

La práctica regular de ejercicio físico supone **efectos beneficiosos** a diferentes niveles. A nivel fisiológico proporciona una mayor capacidad de los tejidos para utilizar el oxígeno, reduce la demanda miocárdica de oxígeno para el mismo

nivel de trabajo, aumenta el diámetro interno de las arterias coronarias, aumenta la microcirculación y mejora la función endotelial, tiene efectos antitrombóticos, y reduce el riesgo de arritmias por la modulación favorable del balance autónomo.

A nivel de factores de riesgo, el ejercicio aeróbico de moderada-alta intensidad **aumenta los valores de colesterol HDL y disminuye el índice de obesidad, las concentraciones de triglicéridos, la relación de colesterol total/colesterol HDL, reduce un 50% los niveles de presión arterial y más de un 50% el uso de medicación hipotensora e hipolipemiante,** y por tanto, supone un menor riesgo de enfermedad coronaria y cardiovascular. Los efectos del entrenamiento incluyen la **bradicardia** en reposo, la menor frecuencia cardíaca para un esfuerzo submáximo y el aumento del tamaño de las cavidades cardíacas. Para reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular se recomienda mantener **actividad física de forma habitual,** ya que las personas que solo hacen ejercicio ocasionalmente parecen tener un **mayor riesgo de eventos coronarios agudos y muerte súbita cardíaca durante o después del ejercicio.** Concretamente, es **beneficioso realizar al menos 150 minutos semanales de ejercicio aeróbico** de moderada intensidad, o **75 minutos semanales de ejercicio aeróbico intenso,** incrementando gradualmente hasta al menos 300 minutos de ejercicio moderado o 150 minutos de ejercicio intenso. Se puede fragmentar en periodos de al menos 10 minutos continuados.

Se considera **ejercicio moderado** aquel que supone un **gasto energético 3-5.9 METS*** o que se realiza al **40-50% del umbral anaerobio,** es decir, aquel en el que la respiración está acelerada pero permite completar frases enteras (por ejemplo, caminar a 4.8-6.5 km/h, ciclismo a 15 km/h, labores de limpieza, jardinería, jugar al golf, baile de salón, aeróbicos en el agua, etc.).

Se considera **ejercicio intenso** o **vigoroso** aquel que supone un **gasto energético ≥ 6 METS** o el realizado al **60-85% del umbral anaerobio,** es decir, aquel en el que no se pueden completar frases enteras mientras se practica (por ejemplo, trotar o correr, andar en bicicleta > 15 km/h, tenis, etc.).

* El MET (metabolic equivalent of task) es la unidad de medida del índice metabólico y corresponde a 3,5 ml O2/kg x min, que es el consumo mínimo de oxígeno que el organismo necesita para mantener sus constantes vitales.

Hipertensión arterial

La **hipertensión arterial** (HTA) es la **elevación de las cifras de presión arterial** por encima de las consideradas como normales, y es una de las variaciones exploratorias cardiovasculares más frecuentes. Para asegurar el diagnóstico de HTA es necesario realizar **varias tomas de presión arterial** y, en caso de duda, se practicará un **Holter** de presión arterial.

Las tomas de presión arterial hay que realizarlas en actitud relajada, tras más de 5 minutos sentado, evitando la cafeína, hacer ejercicio y fumar durante al menos 30 minutos antes de la medición; ni el paciente ni el observador deben hablar durante el período de descanso o durante la medición; hay que retirar toda la ropa que cubra la ubicación de la colocación del brazalete y colocar el brazo de la medición a la altura del punto medio del esternón; se deben realizar varias mediciones repetidas cada 1-2 min usando como estimación final un promedio de ≥2 lecturas obtenidas en ≥2 ocasiones. Se cataloga la hipertensión arterial y su severidad según la siguiente tabla.

La **HTA** es un conocido **factor de riesgo cardiovascular.** Así supone un mayor riesgo de enfermedad coronaria, insuficiencia cardiaca, enfermedad cerebrovascular, enfermedad arterial periférica, insuficiencia renal y fibrilación auricular. La **mortalidad** por enfermedad coronaria e ictus **aumenta** de forma progresiva y lineal a partir de cifras de PAS de 115 mmHg y PAD de 75 mmHg.

Beneficios del ejercicio

Los pacientes **hipertensos físicamente activos** tienen una **menor tasa de mortalidad** que los sedentarios. Este efecto beneficioso se basa en mecanismos como la dilatación del lecho vascular arterial periférico durante el ejercicio,

	TA sistólica		TA diastólica
Normal	<120 mmHg	y	<80 mmHg
Elevada	120-129 mmHg	y	<80 mmHg
Hipertensión			
Grado I	130-139 mmHg	o	80-89 mmHg
Grado II	≥140 mmHg	o	90 mmHg

con la consecuente reducción de las resistencias periféricas, así como en una mejoría de la resistencia a la insulina y del microclima humoral de las células de la pared endotelial, que reducirían la reactividad de la pared arteriolar. Para reducir de forma eficaz las cifras de presión arterial se recomienda **practicar actividad física aeróbica de 3 a 4 veces por semana,** con una duración promedio de **40 minutos por sesión** y con una **intensidad moderada a vigorosa.** La **intensidad** promedio del entrenamiento **no debe sobrepasar el 85%** de la frecuencia cardíaca máxima estimada para cada edad. Se necesitan al menos **3-6 meses de ejercicio físico** para que su efecto beneficioso sea valorable. Un ejercicio de **predominio isométrico** no es adecuado para un individuo hipertenso por el riesgo de complicaciones sobre un lecho vascular dañado, como pueden ser hemorragias cerebrales o subaracnoideas, rotura de aneurismas, hemorragias retinianas o fenómenos tromboembólicos, al no reducirse las resistencias periféricas durante el ejercicio sino incluso aumentar. En los casos con hipertensión grave, o mal controlada, estará contraindicada cualquier actividad física intensa y el deporte de competición, sobre todo aquellos con una carga estática alta; podrán practicarse actividades físicas y deportivas ligeras y moderadas.

Hipercolesterolemia

Las **concentraciones elevadas en sangre de colesterol,** y principalmente de colesterol **LDL**, están entre los más importantes **factores de riesgo cardiovascular.** Cada reducción de 1,0 mmol/l del LDL se asocia a una reducción del **20-25%** en la mortalidad por enfermedad cardiovascular. Otras combinaciones de lípidos también suponen un aumento de riesgo; así, la combinación de concentraciones moderadamente elevadas de triglicéridos, concentraciones bajas de HDL y partículas LDL pequeñas, densas y muy aterogénicas, es muy común en pacientes de alto riesgo con diabetes tipo 2, obesidad abdominal, resistencia a la insulina y físicamente inactivos, formando lo que se conoce como síndrome metabólico. La **hipertrigliceridemia moderada** supone **mayor riesgo que la hipertrigliceridemia muy grave** (> 900 mg/dl).

Dado que los niveles de LDL son los más validados en cuanto al aumento de mortalidad, se han marcado una serie de límites de sus valores en sangre a los que es

Nivel de riesgo	Objetivo LDL
Muy alto	<70 o producción >50%
Alto	<100
Moderado	<115
Bajo	<115

necesario reducirlos, ya sea con medidas dietéticas, ejercicio físico o tratamiento médico. Dichos límites se muestran en la siguiente tabla, expresados en mg/dl, en función del riesgo cardiovascular basal.

Beneficios del ejercicio

Para **reducir** de forma eficaz los niveles de colesterol **LDL** se recomienda practicar **actividad física aeróbica de 3 a 4 veces por semana,** con una duración promedio de **40 minutos** por sesión y con una **intensidad moderada a vigorosa.** La actividad física aeróbica correspondiente a un **gasto energético total de 1500-2200 kcal/semana,** como pueden ser 25-30 km de caminata rápida por semana (o cualquier actividad equivalente), puede aumentar los niveles de HDL en 3.1-6 mg/dL.

Diabetes Mellitus

La diabetes comprende un grupo de enfermedades crónicas con una característica común, la hiperglucemia.

Se puede clasificar en las siguientes categorías:

- **Diabetes tipo 1** (debida a una destrucción autoinmune de las células beta conduciendo a un déficit de insulina).
- **Diabetes tipo 2** (debido a una pérdida progresiva de la función de las células beta en relación con una resistencia a la insulina.)
- **Diabetes gestacional** (es aquella diabetes diagnosticada durante el embarazo).
- Tipos específicos de diabetes debido a otras causas como **diabetes monogénica** (como la diabetes neonatal o diabetes tipo MODY), **diabetes secundaria a enfermedades del páncreas** exocrino (como fibrosis quística y pancreatitis) y **diabetes inducida por fármacos / químicos** (como pueden ser corticoides, tratamiento VIH, tratamiento inmunosupresor).

La **diabetes mellitus** es un conocido y potente factor de **riesgo cardiovascular.** Su tratamiento debe ser una **combinación de dieta, ejercicio y medicación.** El principal parámetro con el que se lleva a cabo la **monitorización del nivel de control de la enfermedad** es la determinación en sangre de la **Hemoglobina Glicada** o **Hemoglobina glicosilada** (Hb1Ac), teniendo como objetivo general, ya que supone un descenso significativo de las complicaciones, entre ellas cardiovasculares, mantenerse en unos **niveles < 7%.**

Beneficios del ejercicio

El mantener un **peso** adecuado a la **altura** y realizar **ejercicio físico** regular de moderada intensidad son muy efectivos para prevenir la diabetes tipo 2 y mejorar todas las anomalías metabólicas y factores de riesgo cardiovascular que se asocian con la resistencia a la insulina, en gran parte provocada por la **adiposidad abdominal.** El ejercicio reduce también las **concentraciones de glucosa** y la **resistencia de la unión de la insulina** a receptores celulares, lo que explica que los diabéticos que realizan ejercicio importante tengan menores necesidades de insulina. Se debe recomendar a los adultos con diabetes que realicen al menos **150 min semanales de actividad física aeróbica de intensidad moderada,** distribuidos durante al menos **3 días a la semana,** sin que existan más de 2 días consecutivos sin ejercicio. Además, en ausencia de otras contraindicaciones, se debe alentar a los adultos con diabetes tipo 2 a que realicen **entrenamiento de resistencia al menos dos veces por semana,** consistiendo cada sesión en al menos un conjunto de cinco o más ejercicios de resistencia diferentes que involucren a los grandes grupos musculares.

Recomendaciones en situaciones concretas

- **Hiperglucemia.** La actividad física intensa debe evitarse en presencia de cetosis. Sin embargo, no siempre será necesario posponer el ejercicio simplemente por hiperglucemia sin cetosis ni malestar general.
- **Hipoglucemias.** En individuos que toman insulina y/o secretagogos de insulina, la actividad física puede causar hipoglucemia si la dosis de medicamentos o el consumo de carbohidratos no se modifica. En estos casos se deben ingerir carbohidratos extra si los

niveles de glucosa antes del ejercicio son ≤ 100 mg/dL.

- **Retinopatía.** En presencia de retinopatía diabética proliferativa o severa no proliferativa, el ejercicio aeróbico intenso y el ejercicio de resistencia pueden estar contraindicados debido al riesgo de desencadenar hemorragia vítrea o desprendimiento de retina.

Recomendaciones nutricionales

Los **hábitos alimentarios** de nuestra sociedad están íntimamente ligados al desarrollo de enfermedades crónicas como son las enfermedades cardiovasculares.

Aunque existen **factores genéticos** que predisponen a la aparición de **enfermedad aterosclerótica,** pueden estar presentes otra serie de factores de riesgo cardiovascular que aceleran el desarrollo y progresión de la placa de ateroma como son la diabetes, la hipertensión arterial, la obesidad, el tabaquismo o el sedentarismo. El mantener unas **pautas nutricionales adecuadas y la realización de ejercicio físico puede prevenir/ retrasar estas patologías y sus consecuencias.**

Recomendaciones nutricionales en pacientes con diabetes

La **diabetes mellitus** es una **enfermedad crónica** con un gran impacto sanitario por su alta frecuencia, las complicaciones que conlleva y su elevada mortalidad. En su tratamiento es fundamental realizar **actividad física y mantener una alimentación saludable,** se ha demostrado que con ello, bajo una correcta supervisión, se logran descensos de Hb1Ac (Hemoglobina glicosilada) de 1–1.9% en pacientes con diabetes tipo 1 y entre 0.3 – 2% en paciente con diabetes tipo 2.

Las personas diagnosticadas con diabetes deben seguir unas **pautas nutricionales saludables,** siendo recomendable que estas indicaciones sean supervisadas por un **especialista en nutrición** para evitar realizar dietas monótonas o insanas, como la restricción absoluta de hidratos de carbono, práctica realizada por muchos pacientes ante el diagnóstico de diabetes y el desconocimiento de las pautas alimentarias a seguir.

Las recomendaciones generales, tanto de un paciente con diabetes tipo 1 como diabetes tipo 2, se basan en la **dieta mediterránea,** repartiendo la ingesta en **varias comidas**, sobre todo, en pacientes en tratamiento con insulina. En pacientes con sobrepeso u obesidad se les recomienda la combinación de la reducción de la ingesta calórica y la modificación de estilos de vida para obtener una **pérdida de peso >5%.** Se ha demostrado que la pérdida de peso puede **retrasar la progresión de prediabetes** a diabetes tipo 2, por tanto, es muy importante lograr este objetivo.

No existen unas recomendaciones fijas para todos los pacientes con diabetes, cada paciente debe seguir unas **indicaciones nutricionales individualizadas** y adaptadas a su forma de vida / régimen de tratamiento. De forma generalizada y dividiendo los grupos de alimentos las recomendaciones serían:

- **Hidratos de carbono:** Deben aportar entre **50-60% del total de calorías ingeridas al día.** Se deben restringir los hidratos de carbono de absorción rápida (como dulces, bollería, repostería, zumos, etc.) porque producen elevaciones rápidas de glucosa y contribuyen a la ganancia de peso y, se

deben consumir hidratos de absorción lenta como legumbres, cereales integrales y tubérculos ya que estos producen una elevación de glucosa más suave que los anteriores. Los pacientes en tratamiento con insulina pueden precisar de un **asesoramiento nutricional** más específico, en muchos casos el paciente recibe educación para aprender a contar las raciones de hidratos de carbono (una ración equivale a 10 gramos de hidrato de carbono) que ingiere y así poder inyectarse la insulina en función de lo que va a comer y del nivel de glucemia previo. Con esta técnica del contaje se logra una mayor **estabilidad de la glucemia, una reducción de las hipoglucemias y una mayor flexibilidad en las comidas.**

Otro punto importante dentro de los hidratos de carbono es el **índice glucémico,** es decir, la velocidad con la que los hidratos de carbono que ingerimos nos elevan los niveles de glucosa en sangre. Existen tres tipos de índice glucémico:

- **Alto** (Aquellos alimentos que producen una elevación de glucosa muy rápida): Más de 70.
- **Moderado** (Los que incrementan la glucemia de forma moderada): 69 – 55.
- **Bajo** (Los alimentos que producen un incremento lento de glucemia): Menos de 54.

Se recomienda de manera general, salvo situaciones concretas, el consumo de alimentos con bajo índice glucémico.

Alimentos	Índice glucémico
Glucosa	100
Miel	85
Pan Blanco	70
Arroz cocido	70
Patata cocida	65
Arroz integral cocido	50
Plátano	50
Macarrones	50

Alimentos	Índice glucémico
Uvas	45
Zumo de naranja	43
Garbanzo	35
Guisante	35
Manzana	35
Tomate	30
Leche desnatada	32
Nuez	15

Debemos prestar especial **atención al etiquetado de los alimentos,** ya que un alimento apto para diabéticos sin azúcares añadidos NO quiere decir que no tenga azúcares y sea de consumo libre.

- **Grasas:** deben aportar el 30-35% del total de calorías diarias, de los cuales menos del 10% serán grasas saturadas y se consumirán menos de 300 mg colesterol al día. Es fundamental seguir la dieta mediterránea la cual es rica en grasas mono y poliinsaturadas.
- Valorando el riesgo cardiovascular es más importante el tipo de grasa que la cantidad. Las personas diabéticas tienen un mayor riesgo de ateroesclerosis y enfermedades cardiovasculares, por tanto, es recomendable una alimentación baja en grasas saturadas. Alimentos ricos en ácidos grasos de cadena larga como pescados azules, semillas y nueces son recomendables para prevenir o tratar la enfermedad cardiovascular.
- **Fibra:** se debe realizar una alimentación rica en fibra, la fibra es necesaria en la alimentación ya que ayuda a prevenir y combatir el estreñimiento, reduce los niveles de colesterol y aumenta la sensación de saciedad. Se recomienda un consumo en torno a 25 gr. fibra /día.
- **Proteínas:** deben aportar el 10-15% del total de calorías. Se pueden incluir en la alimentación tanto de origen animal como vegetal. Es importante que los pacientes diabéticos con enfermedad renal realicen una ingesta de proteínas controlada, en algunos casos se llega a recomendar una ingesta de proteínas de 0.8 g/kg peso/día.

Otro tipo de recomendaciones:

- **Suplementos vitamínicos:** no existen evidencias suficientes para recomendar una suplementación universal de vitaminas. Se debe individualizar cada caso valorando si es preciso el aporte de las mismas. En pacientes en tratamiento con Metformina se recomienda vigilar de manera periódica los niveles de vitamina B12 dado que su uso se ha asociado con déficit de la misma.
- **Alcohol:** tanto los diabéticos como los no diabéticos si consumen alcohol éste debe ser moderado. Se recomienda no más de 1 ingesta al día en mujeres y no más de

2 ingestas en hombres. Hay que tener en cuenta el riesgo añadido de hipoglucemias en pacientes con insulina y/o fármacos hipoglucemiantes.

- **Sal:** se debe limitar el consumo de sodio a menos de <2300 mg/día, restricción mayor en caso de pacientes diabéticos que asocien hipertensión
- **Edulcorantes**: los podemos dividir en diferentes tipos:
  - Edulcorantes calóricos como sacarosa, glucosa, miel, jarabe de ágave o fructosa. Son edulcorantes naturales que nos aportan energía y elevan la glucemia (su consumo debe ser limitado).
  - Edulcorantes no calóricos como acesulfame k (consumo máximo recomendado 9 mg/kg peso/día), aspartamo (40 mg/kg peso/día), ciclamato (7-11 mg/kg peso/día), sacarina (5 mg/kg peso/día), sucralosa (15 mg/kg peso/día) y estevia (4 mg/kg peso/día). No aportan energía ni hidratos de carbono. Se recomienda moderar su consumo durante embarazo.
  - Polialcoholes o polioles como el sorbitol, manitol, xilitol. Son azúcares producidos a partir de azúcares naturales pero modificando su estructura. Tienen una absorción menor y elevan menos la glucemia que los calóricos pero su consumo elevado puede dar lugar a molestias digestivas como diarreas.

Hay que considerar que en las personas en tratamiento con insulina como con fármacos que **aumentan la secreción de insulina** la actividad física puede producir **hipoglucemias** si no se modifica la ingesta de carbohidratos y/o dosis del tratamiento. Estos pacientes tendrán que tener en cuenta la **dosis de insulina previa** que se han administrado, la **duración** de la misma, la **hora** del **ejercicio** y la **intensidad** / **duración** del mismo. Incluso en algunas personas se puede producir una hipoglucemia horas después de haber finalizado la actividad por un aumento de la sensibilidad a la insulina. Personas en tratamiento con estos fármacos pueden necesitar **incrementar la ingesta de hidratos de carbono** previamente al ejercicio si presentan una **glucemia por debajo de 100 mg/dl.** De manera general y en función de la duración e intensidad de la actividad se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- **Intensidad baja:** menor de 30 minutos no requieren aporte, entre 30-60 min se recomienda un aporte de 10-20 gr. de hidratos de carbono, más de 60 min 15-25 gr. de hidrato de carbono por hora.
- **Intensidad media:** menor de 30 min no requieren aporte extra, entre 30-60 min se recomienda un aporte de 30 gr. de hidrato de carbono, más de 60 min 20-70 gr. de hidrato de carbono/hora.
- **Intensidad alta:** menor de 30 min 20 gr. de hidrato de carbono, 30-60 min se recomienda administrar 50 gr. de hidrato de carbono, más de 60 min administrar entre 30-100 gr. de hidrato de carbono/hora.

Habitualmente se recomienda la ingesta de alimentos de moderado /bajo índice glucémico. Recurriendo a hidratos de carbono de elevado índice glucémico antes de un ejercicio si la glucemia es inferior a 100-130 mg/dl, durante el ejercicio de larga duración y después de la actividad física en caso de glucemias por debajo de 100.

Recomendaciones nutricionales en pacientes con dislipemia

Las personas con **dislipemia** deben realizar una **dieta equilibrada, saludable y variada,** de forma general podemos decir que se debe reducir el consumo de colesterol por debajo de **300 mg/día** y la ingesta de grasas a un **25-30%** potenciando el consumo de ácidos grasos mono y poliinsaturados y limitando el consumo de grasas saturadas. También es fundamental el mantener un peso adecuado, realizando una **dieta hipocalórica para perder peso en caso de obesidad.**

Dependiendo del tipo de ácido graso tendrá una influencia diferente sobre el riesgo cardiovascular.

- **Grasa saturada:** es la grasa principalmente asociada al aumento del colesterol-LDL ("malo") y con la mortalidad por enfermedad cardiovascular. Se encuentra formando parte de los alimentos de origen animal y de aceites tropicales (coco, palma...). Estos últimos se encuentran en aceites para frituras, elaboración de bollos, galletas, postres, helados, sucedáneos de chocolate, aperitivos, etc.
- **Grasas trans:** son isómeros derivados fundamentalmente de los ácidos grasos monoinsaturados. Aunque se pueden encontrar de forma natural en carnes y leches, la mayoría se obtienen a partir de las margarinas mediante el proceso químico de la hidrogenación. Podemos encontrarlos en pan de molde, pan tostado, galletas, pastelería industrial, cremas de untar, cereales y multitud de alimentos precocinados. Este tipo de grasas eleva el colesterol-LDL, disminuye el colesterol- HDL ("bueno") y se ha observado un mayor riesgo de padecer diabetes en los sujetos con tendencia a presentar resistencia a la insulina.
- **Ácidos grasos monoinsaturados:** los encontramos principalmente en el aceite de oliva y en menor proporción en frutos secos, aguacate, aceite de girasol rico en oleico y en ciertas carnes. El cambio de una dieta rica en grasas saturadas al ácido oleico produce disminuciones significativas del LDL además, de otros efectos beneficiosos en

la disminución del riesgo cardiovascular.

- **Ácidos grasos poliinsaturados:** principalmente los encontramos en los aceites de semillas y en la grasa del pescado. La ingestión de ácidos grasos omega-3 procedentes del pescado disminuyen los niveles de triglicéridos. En pacientes con enfermedad coronaria el consumo de estos ácidos grasos omega-3 reduce la posibilidad de sufrir un episodio de muerte súbita o un reinfarto fatal.
- **Esteroles / estanoles vegetales:** los fitoesteroles (procedentes del maíz, legumbres, frutos secos, frutas, verduras y aceites) disminuyen la absorción intestinal del colesterol procedente de la dieta, consiguiendo con ello disminuir las concentraciones de colesterol-LDL.

Podemos resumir esta información en una serie de recomendaciones generales:

- **Disminuir** el consumo de **grasa saturada a < 7%**, para ello podemos seleccionar productos desnatados y carnes magras.
- **Evitar** consumir **carnes semigrasas** y derivados cárnicos procesados como embutidos o patés.
- Cocinar los alimentos con técnicas sencillas como al **vapor, horno, microondas o a la plancha. Evitar empanados, rebozados, fritos o estofados.**
- **Evitar** el consumo de productos de **pastelería** y **repostería** tipo ensaimadas, donuts, pan de molde y galletas.
- **No consumir alimentos precocinados** como pizzas, croquetas y aperitivos tipo patatas fritas.
- Consumir **pescado azul 2 veces a la semana,** complementando el aporte de ácidos grasos omega-3 con soja, frutos secos, borraja, semillas de lino.
- **Consumir ácido oleico** en forma de aceite de oliva, frutos secos naturales sin sal como nueces o aguacate siendo recomendable que el aceite de oliva virgen fuera el principal en la cocina, moderando su consumo en casos de sobrepeso u obesidad.
- Se recomienda el aporte de **esteroles vegetales hasta 2 gramos al día.**
- Ingerir **fibra soluble** en una proporción del **10-25** gramos al día procedentes de alimentos como el salvado de avena, legumbres. También se

pueden tomar gomas como las semillas de plantago ovata.

El objetivo de todas estas medidas es lograr que el paciente dentro de un peso deseable obtenga una **reducción del colesterol LDL** significativa. Aproximadamente con una reducción del **10%** del colesterol LDL se **reduce el riesgo cardiovascular un 25%** aproximadamente.

Recomendaciones nutricionales en pacientes con hipertensión arterial (HTA)

Constituye una patología frecuente en la que intervienen **factores personales y ambientales** (edad, hábitos alimentarios y estilo de vida) así como los **genéticos.** En el **90%** de los casos es HTA primaria o de **causa desconocida** y en menos del **10%** se debe a un **origen renal,** cardiovascular o del sistema endocrino.

Sabemos que la **modificación del estilo de vida** puede prevenir y controlar el proceso.

- **Descenso del peso corporal**: los individuos con sobrepeso presentan un riesgo mayor de padecer HTA en comparativa con los sujetos con normopeso. La localización de la grasa también tiene relación con el riesgo de padecer HTA, observándose una mayor prevalencia en los individuos con obesidad abdominal. Por todo esto, se recomienda mantener un IMC (Índice de Masa Corporal = peso/talla2) en torno 18.5 a 24.9 kg/m^2 y un perímetro abdominal menor a 102 cm en hombres y a 88 cm en mujeres.
- En caso de consumo del **alcohol** éste se debe disminuir: menos de 30 gramos al día en hombres, en mujeres y sujetos de bajo peso menos de 20 gramos.
- **Reducir el consumo de sal** a menos de 6 gramos al día, con ello se logra una reducción importante de la morbimortalidad cardiovascular. El sodio se aporta por tres fuentes: La sal añadida al cocinar, el contenido en los alimentos y en el agua que consumimos. El sodio se puede encontrar en forma de bicarbonato, fosfato de disodio, glutamato de monosodio e hidróxido de sodio por lo que sería fundamental leer el etiquetado de los alimentos.

- **Aumentar el consumo de potasio** proveniente de las frutas y verduras (salvo en casos de insuficiencia renal en la cual hay que hacer una restricción del aporte del mismo).
- **No es necesaria la suplementación** con magnesio, calcio o potasio.
- **Evitar el consumo excesivo de café, té y bebidas de cola.** Optar por productos descafeinados o tés sin teína.
- La **ingesta de grasa** debe ser el **30-35% de la energía total** principalmente en forma de monoinsaturada y consumiendo la mínima cantidad de saturada y tipo trans.
- Realizar **cambios de hábitos de ejercicio** de forma progresiva y adaptada.
- **Plan de alimentación DASH** (Dietary Approaches to Stop Hypertension): Rica en potasio y calcio. Modificando ciertos factores de riesgo (sobrepeso, consumo de sal, consumo de alcohol y sedentarismo) se mejora la prevención primaria y se optimiza el control de la tensión arterial. Se basa en un consumo elevado de frutas y vegetales, con disminución de la ingesta total de grasas y de la proporción de grasas saturadas. Se recomienda aumentar la ingesta de pescado.

Grupo de alimentos	Porciones diarias	Equivalencias	Ejemplos	Importancia
Cereales	7-8	1 rebanada de pan ½ taza cereal seco ¼ taza arroz, pasta o cereal	Pan de trigo entero, cereales, sémola, harina de avena	Fuente de energía y fibra
Verduras	4-5	1 taza de verdura cruda ½ taza verdura cocinada 180 ml caldo	Tomates, papas, zanahorias, col, calabaza, espinaca, alcachofa	Potasio, magnesio y fibra
Frutas	4-5	180 ml de zumo 1 fruta mediana ½taza fruta seca ¼ taza fruta fresca, congelada o enlatada	Plátanos, naranjas, dátiles, melones, uva, mangos, duraznos, piña, fresas	Potasio, fibra y magnesio
Lácteos	2-3	240ml de leche, 1 yogur, 42 gramos de queso	Leche descremada, yogur sin grasa, queso sin grasa	Calcio y proteinas
Carnes, aves y pescados	≤2	84 g. de carne cocida, aves de corral o pescado	Carnes magras, eliminar grasa visible, asar, hornear o hervir.	Proteínas y magnesio
Legumbres y frutos secos	1-2	42 g. o 1/3 taza o 2 cucharas. Semillas ½ taza legumbres cocidas	Almendras, avellanas, nueces, cacahuetes, semillas de girasol, habas, lentejas	Fuentes de energía, magnesio, potasio, proteína y fibra

Dieta DASH (Appel LJ, et al. A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure New England Journal of medicine).

Capítulo 10

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Cardiopatía isquémica

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Cardiopatía isquémica

Introducción

La cardiopatía isquémica se produce como consecuencia de la progresión de la **ateroesclerosis en las arterias coronarias** que condiciona un estrechamiento de la luz de estos vasos hasta impedir el flujo sanguíneo de forma parcial o total evitando la oxigenación adecuada del miocardio.

La cardiopatía isquémica se puede manifestar como **angina estable** o como **síndrome coronario agudo** (SCA), que incluye la angina inestable, cuando no hay movilización de marcadores de daño miocárdico, o el infarto de miocardio, con o sin elevación del ST, cuando existe movilización de estos marcadores:

- Así, en los casos en los que la obstrucción de la luz arterial es parcial y se produce de forma progresiva, la manifestación clínica es la **angina de esfuerzo.** La **isquemia** sólo se produce al superar un umbral de esfuerzo por aumento de la demanda de oxígeno y el paciente permanece asintomático durante el reposo o con esfuerzos menores que aquellos que determinan el umbral para la aparición de angina.
- Cuando la obstrucción de la luz arterial va progresando y la isquemia se produce en reposo o con esfuerzos leves, la manifestación clínica es la **angina de reposo** y se considera angina inestable si los síntomas se han desarrollado en pocas horas y la isquemia no ha sido de suficiente cuantía como para producir muerte de las células miocárdicas. Esta entidad clínica se engloba dentro del SCA.

- En las situaciones en las que la obstrucción de la luz arterial es total, se produce de forma abrupta y la **isquemia** es de suficiente cuantía como para producir **muerte de las células miocárdicas,** se produce el **infarto de miocardio,** que también se incluye dentro del concepto de SCA.

Debido a que la **ateroesclerosis** es la génesis de la enfermedad cardiovascular (ECV), la base de tratamiento de la misma tiene que ir encaminado a **reducir el riesgo de su aparición o su progresión.** Este tratamiento se basa fundamentalmente la **modificación del estilo de vida** que incluye dieta mediterránea, abstención absoluta del tabaco y ejercicio físico (EF), además de la medicación adecuada.

El EF confiere numerosos beneficios para la salud general y específicamente para la cardiovascular (CV), proporcionando mejoras significativas de la capacidad funcional (CF), del perfil metabólico y de la calidad de vida en personas sanas y en pacientes con diferentes patologías.

El beneficio pronóstico del EF en el paciente con ECV es muy relevante, estimándose una **reducción del riesgo de la mortalidad total del 27%** y de la mortalidad CV 31% en este tipo de pacientes.[1]

La mejoría de la CF es un factor determinante en el pronóstico de los pacientes con ECV. En este sentido se ha observado que por cada aumento de 1 MET (unidad de medida del índice metabólico) durante un programa de rehabilitación cardiaca (PRC) el riesgo de mortalidad total se reduce un **25% en 1 año**[2]. Asimismo, también se ha observado una reducción de la mortalidad CV del 8 al 34% por incremento de 1 MET en la CF[3-4].

La prescripción de EF normalmente se hace con **pautas establecidas** para personas sanas. Sin embargo, esta prescripción en pacientes con enfermedad coronaria estable o tras un SCA, debe ser personalizada adaptándose a factores como la CF de base, enfermedad coronaria, riesgo residual, comorbilidades u otras patologías intercurrentes, estado psicológico, fragilidad y entorno personal, familiar y social. En líneas generales, se debe recomendar EF a todos los pacientes con ECV, adecuándose a las condiciones de cada uno de ellos, incluyendo ancianos y pacientes con insuficiencia cardiaca (IC) en fases avanzadas, angina refractaria, etc.

Los elementos principales que debemos tener en cuenta a la hora de empezar a realizar EF son:

- La cantidad de ejercicio (FITT-V) que viene definida por la frecuencia, intensidad, tipo y tiempo/volumen o dosis de ejercicio.
- La progresión o aumento en la dosis de ejercicio (FITT-VP)[5].

El componente principal del entrenamiento físico será el ejercicio aeróbico por sus beneficios a nivel CV:

- Aumenta la capacidad cardiorrespiratoria y disminuye la disnea de esfuerzo.
- Disminuye la tensión arterial.
- Mejora el control de la diabetes disminuyendo la resistencia a la insulina y la intolerancia a la glucosa.
- Aumenta el colesterol ligado a lipoproteínas de alta densidad (cHDL).
- Disminuye el colesterol ligado a lipoproteínas de baja densidad (cLDL).
- Disminuye los triglicéridos.
- Produce disminución de la grasa corporal.
- Reduce la isquemia miocárdica.
- Disminuye el riesgo de trombosis.
- Mejora la función endotelial.
- Mejora la claudicación intermitente.

Sin embargo, los ejercicios de fuerza se complementan con el EF aeróbico y aportan también beneficios en pacientes con ECV al mejorar:

- El tono muscular.
- La calidad de vida.
- El equilibrio.
- La composición de masa corporal.
- El estado metabólico.

En este capítulo se abordarán cada uno de los elementos a tener en cuenta para realizar EF con potencial beneficio pronóstico en los pacientes con ECV de forma segura.

Estratificación riesgo

En un paciente con cardiopatía isquémica (CI) es necesario **evaluar el riesgo basal** antes de realizar EF regular a modo de entrenamiento reglado.

Evaluación clínica

Se deben **evaluar** fundamentalmente el tiempo desde el evento coronario, la revascularización coronaria, así como la presencia de isquemia miocárdica residual, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), el **riesgo**

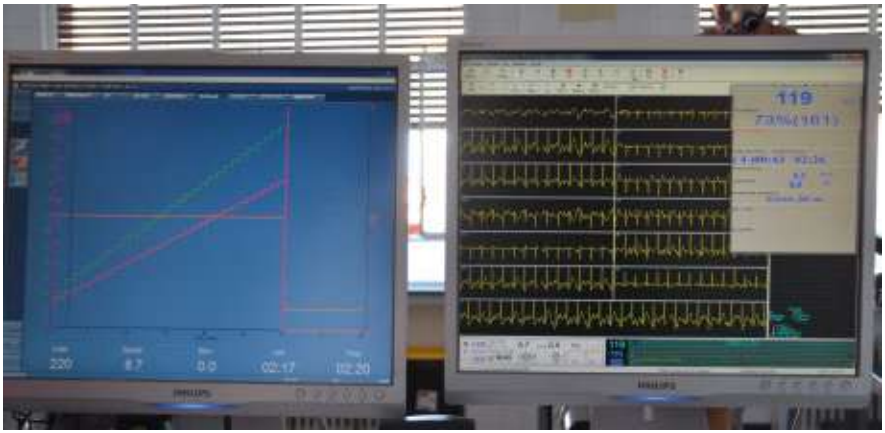
de **arritmias cardiacas** y la **condición física** del paciente.

1. Tiempo desde el evento coronario

El ejercicio puede comenzarse en **1 o 2 semanas tras un SCA** si el paciente ha tenido una revascularización coronaria completa, su FEVI es normal y no presenta isquemia miocárdica residual. En otras condiciones el inicio del EF debe valorarse individualmente y dependerá de la sintomatología del paciente y su estabilidad.

2. Revascularización coronaria e isquemia miocárdica residual

El **número de arterias coronarias enfermas,** su severidad y la capacidad de revascularizarlas completamente o no, determinan la **existencia o no de isquemia miocárdica residual,** aspecto que influirá en la prescripción del EF. Cuando exista isquemia miocárdica residual se prescribirá EF por debajo del umbral de la misma para no inducir ángor durante la realización del mismo. En los PRC a estos pacientes



se les puede entrenar hasta llegar al umbral de angina para favorecer así la creación de circulación coronaria colateral.

3. Fracción de eyección del ventrículo izquierdo

La **contractilidad del ventrículo izquierdo** tras un SCA es uno de los **factores pronósticos** de mayor impacto en el pronóstico de un paciente con enfermedad coronaria. Durante la realización de EF una FEVI inferior al 40% se asocia con más riesgo de complicaciones como arritmias, IC o intolerancia al esfuerzo, entre otras. Por tanto, es recomendable tener este dato que normalmente se obtiene mediante la realización de un ecocardiograma.

4. Riesgo de arritmias cardiacas

Cuando un paciente presenta por su cardiopatía riesgo de arritmias cardiacas, el EF debe ser **prescrito de forma individualizada,** evitando llegar a frecuencias cardiacas o intensidades que puedan desencadenarlas.

Medición de la capacidad funcional previa al inicio del EF

Las sociedades científicas recomiendan en la actualidad que los pacientes tras un SCA sean **referidos a un PRC[6].**En estos programas no sólo se prescribirá el EF sino también los pacientes recibirán **educación en salud,** se corregirán los factores de riesgo cardiovascular (FRCV) y se optimizará el tratamiento médico.

En cuanto a la prescripción del EF se recomienda la realización de una **prueba de esfuerzo** (PE) limitada por síntomas para:

- Estratificar el riesgo y determinar el nivel necesario de supervisión y necesidad de monitorización.
- Prescribir de forma individualizada la práctica de EF.

Sin embargo, a pesar de esta recomendación, algunas veces resulta difícil realizar una PE válida por **falta de acondicionamiento físico extremo,** limitaciones osteoarticulares o simplemente falta de colaboración del paciente. En estos casos se recomienda que la prescripción de **EF inicial se base en la actividad física rutinaria** que realiza el paciente, se vaya **incrementando de forma progresiva,** sea supervisada por profesionales y en los casos en los que se pueda, se realice la PE pasados unos días de entrenamiento. En todo caso,

es fundamental la realización de la PE porque nos dará **datos muy importantes para programar un entrenamiento** que permita **obtener beneficios** del EF.

Asimismo, es importante entender la **diferencia entre una PE diagnóstica y una PE para evaluar** la CF a fin de prescribir el ejercicio recomendado en el PRC. Los pacientes que son referidos a los PRC ya están diagnosticados por lo que, la PE sirve principalmente para estratificar el riesgo del paciente, cuantificar la CF, la respuesta hemodinámica al mismo, la presencia de arritmias y la respuesta y tolerancia al tratamiento farmacológico.

El gold estándar para esta evaluación es la PE con **análisis de gases espirados** o **ergoespirometría,** si bien, cuando no está disponible se pueden realizar otra PE sin análisis de gases.

Los protocolos para la realización de estas pruebas pueden ser de intensidad constante o incremental, en estos últimos los aumentos de intensidad pueden realizarse de forma continua, en rampa, o discontinua, con o sin paradas.

Los **protocolos discontinuos** son siempre **escalonados,** tienen fases que generalmente oscilan entre 1 y 3 minutos de duración y tienen por tanto comienzos y finales más bruscos. Los protocolos continuos o en rampa tienen más ventajas sobre los discontinuos, ya que son más fisiológicos:

- Evitan comportamientos en escalera de variables fisiológicas con mejor medición de umbrales.
- Dan valores más aproximados al consumo de oxígeno real.
- Permiten una mejor adaptación física y psicológica.

Los protocolos más recomendados son aquellos que tienen un inicio de esfuerzo más progresivo, como: en rampa, Bruce modificado o Naughton.

Tipos de pruebas de esfuerzo

1. PE con análisis de gases espirados o ergoespirometría

Los analizadores de gases respiratorios permiten cuantificar una serie de parámetros espirométricos que nos aportan información acerca del comportamiento del sistema CV, respiratorio y del metabolismo energético durante el ejercicio físico:

1. Consumo de oxígeno (VO_2)

- El VO_2 máximo (VO_2máx) es la cantidad máxima de oxígeno (O_2) que el organismo puede absorber de la atmósfera, transportar a los tejidos y consumir por unidad de tiempo. Se expresa en valor absoluto (ml/min), valor relativo al peso corporal total (ml/kg/min) o en unidades metabólicas (MET). El VO_2máx es un excelente parámetro de valoración del sistema de transporte de O_2. El criterio más importante para su determinación es la meseta alcanzada en la curva de VO_2 en un ejercicio incremental, de forma que, aunque se incremente la carga de trabajo, el VO_2 no aumente.
- El VO_2 pico es el mayor valor de VO_2 alcanzado en una prueba incremental, cuando no es posible alcanzar criterios de VO_2máx. Es el parámetro que habitualmente se obtiene y se utiliza en los pacientes con cardiopatías. Se debe ajustar por edad, sexo, masa corporal y tratamiento de base. El valor normal es >80% del predicho:
  - **Hombres >35-45 ml/kg/min.**
  - **Mujeres >30-40 ml/kg/min.**

2. Primer umbral anaeróbico (VT1)

Se define como la **intensidad de ejercicio** o de trabajo físico **por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre**, a la vez que la **ventilación se incrementa** también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido. Es un indicador objetivo y reproducible de la CF. Es muy útil porque es independiente de la motivación del sujeto, ya que no es necesario realizar un esfuerzo máximo para su determinación.

3. Ventilación pulmonar por minuto (VE)

Es el **volumen de aire espirado por minuto.** Hace referencia a la capacidad ventilatoria del individuo y a su adaptación física al esfuerzo.

4. Relación espacio muerto/volumen corriente (Vd/Vt)

Su análisis durante el ejercicio pone de manifiesto **alteraciones en el intercambio gaseoso** y **en la relación ventilación/perfusión.** Permite realizar el **diagnóstico diferencial** entre una limitación del ejercicio de carácter CV o respiratorio.

5. Producción de CO_2 (VCO_2)

Es la **cantidad de dióxido de carbono** (CO_2) **eliminado por la respiración por unidad de tiempo.** Ofrece información acerca de los **procesos cuantitativos del metabolismo** aeróbico y anaeróbico.

6. Cociente respiratorio (RER)

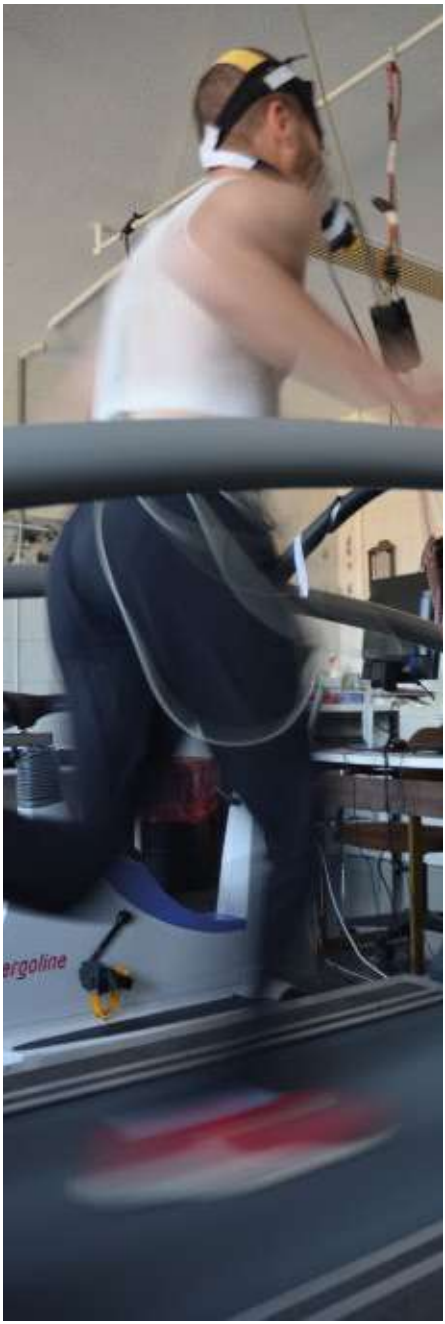
Es la **relación VO_2/VCO_2** y representa una **medida objetiva del grado de esfuerzo realizado,** hasta, alrededor de 0,8 es un trabajo suave por debajo del umbral aeróbico; entre 0,8 y 1.0 en zona de transición; y por encima de 1.0, está en fase anaeróbica, llegando a 1,10 y más, demostrando el máximo esfuerzo.

En la actualidad otros parámetros indirectos de la **ergoespirometría** están cobrando protagonismo tanto para la **valoración funcional** como para estratificación pronóstica de los pacientes:

1. V slope (VE/CO_2)

Es un parámetro que mide la relación entre ventilación y perfusión:

- Se correlaciona muy bien con la sintomatología.
- Un valor elevado se asocia a la aparición precoz de metabolismo anaeróbico.



- Se puede obtener en una prueba submáxima.
- El valor normal es <30 y el punto de corte pronóstico es >34.

2. Primer umbral aeróbico (VT1)

Como anteriormente se ha mencionado, es el **primer umbral aeróbico** y se considera un **parámetro pronóstico** el tiempo que tarda el paciente en alcanzarlo junto con la intensidad de ejercicio realizada hasta llegar a él.

Asimismo, en los PRC es útil la **determinación del VT1** para utilizar la **frecuencia cardiaca** (FC) en la que se llega a este umbral como la FC de entrenamiento (FCE). Un entrenamiento realizado con esta referencia se ajusta a las **necesidades metabólicas y circulatorias del paciente,** con lo que la progresión en su forma física es óptima, mejorando el control del paciente (ver capítulo 3 y 15).

3. Respuesta ventilatoria oscilatoria

Definida como el **patrón oscilatorio en reposo que persiste ≥60% del ejercicio** y con una amplitud de al menos **15% de los valores** medios en reposo.

2. Pruebas de esfuerzo sin análisis de gases

Cuando no se dispone de ergoespirometría, las PE se harán en **cinta sin fin** o en **bicicleta** bajo el protocolo elegido. El más aconsejado es el Bruce rampa. Se utilizará principalmente la FC obtenida en la PE realizada según el protocolo elegido para el cálculo de la FCE.

Prescripción del ejercicio físico en cardiopatía isquémica

La prescripción de EF en un paciente con enfermedad coronaria, tras haber estratificado su riesgo, se hará según la **FCE** o la **sensación de esfuerzo** percibida o **escala de Börg:**

1. Según la frecuencia cardiaca de entrenamiento (FCE)

Los parámetros para el cálculo de la FCE más utilizados dependen del tipo de PE realizada:

- **PE con análisis de gases espirados o ergoespirometría.** La FCE corresponderá a la FC a la cual se llega al umbral anaeróbico (VT1).
- **PE sin análisis de gases espirados.** La FCE se podrá obtener de fundamentalmente de 2 formas:

a) Porcentaje de la FC máxima obtenida (FCM) en la prueba:

- Se empezará con el 75% de la FCM.
- Se incrementará al 85%, que se corresponde al 50-70% del VO_2max, según la progresión del paciente.

b) FC de reserva o método de Karvonen: FC mínima + (FC máxima – FC mínima) x % intensidad, fijando el porcentaje de intensidad en 0,6-0,8 para inducir adaptación. Se corresponde a 60%-80% del VO_2max.

2. Según la sensación de esfuerzo percibida (SEP) o la escala de Börg

La **escala de Börg** (figura 4 del capítulo 11) es una escala analógica subjetiva del 6 al 20, en la que las distintas numeraciones se hacen coincidir con **sensaciones crecientes de esfuerzo.**

El rango de intensidad óptimo para el entrenamiento CV correspondería al segmento entre **12** y **14** de la escala, situación en la que se describe que el paciente puede presentar sensación de **calor,** rubor e incluso sudor, pero le permite mantener una conversación sin que le falte el aliento.

Esta escala se correlaciona bien con los parámetros máximos y submáximos obtenidos en la ergoespirometría (VT1 y VO_2 máximo) o en las PE con FC limitada por síntomas.

Entrenamiento físico en cardiopatía isquémica

Una vez que se ha realizado la **estratificación de riesgo** del paciente y se haya obtenido la FCE o la **puntuación en escala de Börg** a la que debe entrenar cada paciente, se **planificará** el entrenamiento físico de forma individualizada siguiendo una planificación bastante extendida a nivel general en este tipo de pacientes y que incluye una fase de potenciación o ejercicios de fuerza y una fase de entrenamiento aeróbico.

1. Fase de potenciación o ejercicios de fuerza

Se puede empezar el entrenamiento con la **fase de potenciación** o ejercicios de fuerza que cada vez están cobrando más protagonismo.

En algunos programas de entrenamiento la potenciación de los grupos musculares complementarios se realiza, no mediante ejercicios de carga directa con mancuernas de distintos pesos, que es la opción más asequible, sino mediante **circuitos en**

máquinas de musculación específicas como bancos de abdominales, press de banca, máquinas de remo, etc.

Independientemente de la opción elegida se debe tener en cuenta que:

- El trabajo de potenciación muscular es un **complemento al entrenamiento aeróbico** y se recomienda su **práctica** con una frecuencia de **2-3 días** a la semana.
- Las **tablas** o circuitos deben incluir **8** o **10 ejercicios** dirigidos a los principales **grupos musculares.**
- Se podrán realizar **una serie de cada ejercicio** a una intensidad que permita de **10 a 15 repeticiones.**
- La **progresión de la intensidad del ejercicio debe ser lenta** para permitir la **adaptación fisiológica** a la carga y el aprendizaje de la técnica correcta.

2. Fase de entrenamiento aeróbico

Tras la primera parte de ejercicios de fuerza o potenciación, se pasará al **entrenamiento aeróbico** que constituye la parte central del EF. El EF aeróbico mejorará la CF, la calidad de vida y contribuirá al control de los FRCV.

El entrenamiento aeróbico permite multitud de variantes, de las cuales las más utilizadas serían el **entrenamiento en cinta sin fin, en bicicleta estática o en circuitos de marchas** preparados para ello.

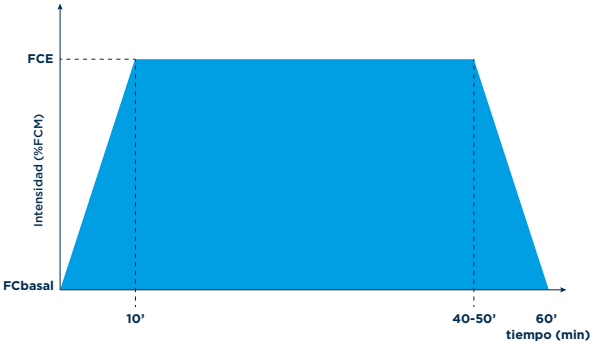
La duración del entrenamiento debe ser **progresiva,** según la CF y actividad física basales de cada persona, hasta alcanzar aproximadamente los 30-60 minutos por sesión.

Se pueden plantear protocolos de **EF aeróbico continuo** o interválico (figura 2) y es aconsejable dividir estas sesiones en 3 fases: calentamiento, mantenimiento y enfriamiento.

Protocolo de entrenamiento aeróbico continuo

Fases:

- 10 min. de calentamiento progresivo.
- 30-40 min. a:
  - 75-85% FCM.
  - 12-14 escala de BORG.
- 10 min. de enfriamiento progresivo.
- Estiramientos.



Protocolo de entrenamiento aeróbico interválico

Fases:

- 10 min. de calentamiento al 60-70% FCM
- 5 series:
  - 4 min. a 90-95% FCM
  - 3 min. a 50-70% FCM
- Estiramientos

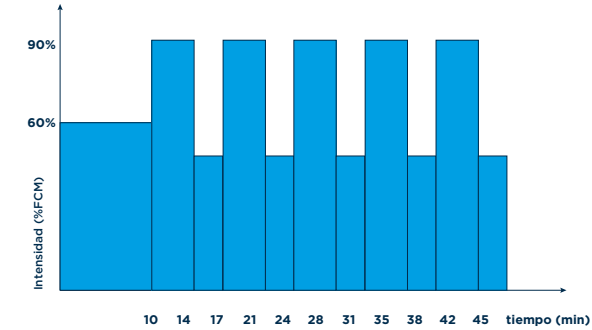


Figura 2. Protocolos de entrenamiento aeróbico

Fase de calentamiento

De unos **5-10 minutos** de duración, la intensidad de la actividad al principio es baja y se corresponde a la valoración **7-9 de la escala de Börg** o a aproximadamente al **60% de la FCM,** para ir incrementándose de forma progresiva hasta alcanzar la **intensidad recomendada** para la siguiente fase.

Fase de mantenimiento

A lo largo de **30-40 minutos**, se pretende que el paciente alcance y mantenga una **intensidad** de esfuerzo moderada correspondiente a **12-14 puntos** de la **escala de Börg** o al **75-85% de su FCM.**

En pacientes con baja CF, como pacientes con IC o patología bronquial, en lugar de mantener esta intensidad sin variación, se recomienda la utilización de **protocolos de entrenamiento interválicos** o en almena que permitan mediante el descenso de la actividad a niveles mínimos en momentos pautados, la suficiente recuperación como para afrontar periodos de

mayor carga de trabajo. Es importante insistir que el ejercicio interválico de alta intensidad no supervisado no está recomendado en pacientes con enfermedad coronaria.

Fase de enfriamiento

Durante unos **5-10 minutos** se baja de nuevo la intensidad del ejercicio hasta recuperar los niveles basales de FC.

Para terminar la sesión y dentro del periodo de enfriamiento, se deben incluir los **estiramientos de grupos de músculos** que han trabajado durante el entrenamiento. En cuanto a la modalidad de estiramiento, dado el perfil de paciente y debido su mayor simplicidad, se aconsejan **estiramientos estáticos,** de **15 a 30 segundos** dependiendo de la variabilidad interindividual e intermuscular, en los que se mantiene la sensación de tensión muscular hasta que el individuo siente que ésta decrece y se estabiliza.

Se debe insistir repetidamente en la importancia de la **intensidad** del ejercicio y en la **regularidad** para conseguir los objetivos propuestos.

Deportes recomendados en cardiopatía isquémica

Una vez definidos con que parámetros va a entrenar cada paciente, con el objetivo de que la práctica deportiva resulte **segura y sin complicaciones,** ampliar la oferta de **actividades físicas potenciales** y evitar abandonos, resulta conveniente conocer una serie de orientaciones sobre las mismas.

La clasificación tradicional de los deportes en dinámicos y estáticos resulta excesivamente artificial puesto que la mayor parte de ellos tienen componentes de ambos grupos y pueden considerarse mixtos. Asimismo, el predominio de un componente sobre el otro no va a depender solamente de la actividad concreta sino, además, de la capacidad física del individuo que la está realizando.

- **Deportes dinámicos,** en los que se ponen en marcha grandes grupos musculares durante un periodo de tiempo prolongado y en los que predomina el metabolismo aeróbico.
- **Deportes estáticos,** que implican contracciones intensas en cortos periodos de tiempo de grupos musculares concretos y en los que predomina el metabolismo de tipo anaeróbico.

Sin embargo, según el componente dinámico y estático de los deportes, nos permite establecer

Incremento del componente estático →

	A. Bajo (<40% VOmax)	B. Moderado (40-70% VOmax)	C. Alto (>70% VOmax)
3. Alto (>50% MCV)	Lanzamientos (jabalina, martillo, peso), Gimnasia deportiva *#, Artes marciales*, Vela, Escalada, Esquí acuático*#, Levantamiento de peso*, Windsurf*#, Bobsledding*#, Buceo#.	Culturismo*#, Esquí (slalom)*#, Snowboard*#, Skateboard*#, Rodeo*#, Lucha*.	Boxeo*, Canoas, Ciclismo (montaña)*#, Decathlon, Remo, Patinaje*#, Triathlon*#.
2. Moderado (20-50% MCV)	Tiro con arco, Automovilismo*#, Saltos de trampolín*#, Equitación*#, Motociclismo*#.	Fútbol americano*, Saltos (longitud, altura, pértiga), Patinaje artístico*, Rugby*, Carrera (sprint), Surf*#; Natación sincronizada#.	Baloncesto*, Hockey sobre hielo*, Esquí (fondo), Carrera (media distancia), Natación, Balonmano.
1. Bajo (<20% MCV)	Billar, Bolos, Cricket, Petanca, Golf, Tiro.	Baseball*, Carreras de obstáculos, Tenis de mesa, Volleyball	Badminton, Hockey sobre hierba*, Senderismo, Marcha, Squash, Carrera (larga distancia), Fútbol, Tenis.

Incremento del componente dinámico →

*Peligro de colisión; #Peligro de síncope aumentado.
MCV: máximo contracción voluntaria.

Deportes desaconsejados | Deportes permitidos | Deportes recomendados

Tabla 1. Clasificación de los deportes.

recomendaciones en los pacientes con enfermedad coronaria (tabla 1).[7]

Progresión del ejercicio físico

Cualquier individuo sano o con ECV, debe iniciar el EF de **forma gradual e ir incrementándolo de forma progresiva.**

Es importante insistir en que la prescripción de la cantidad de ejercicio o FITT-V no es fija y que se debe incorporar el concepto de la progresión o aumento en la dosis de ejercicio o FITT-VP.

Esta progresión se define de forma diferente para el EF aeróbico y el de fuerza:

- En la progresión del **EF aeróbico** se recomienda un **aumento gradual del volumen de ejercicio** ajustando la duración, frecuencia y la intensidad para llegar al objetivo deseado.
- En relación con la progresión del **EF de fuerza** se aconseja un **aumento gradual de la carga** y/o más repeticiones por conjunto hasta alcanzar el objetivo deseado.

En el paciente con CI o enfermedad coronaria la progresión del EF debe atender a una serie de recomendaciones:

a) Progresión del EF aeróbico:

- **Individualizar la progresión** para cada paciente.
- **Evaluar la progresión** de forma periódica.
- **Incluir todos los componentes FITT** para ir aumentándolos de uno en uno hasta alcanzar el objetivo planteado por paciente:

  - Aumentar la duración del EF aeróbico en 1-5 minutos por sesión.

  - Incrementar la intensidad en 1 o 2 puntos de la escala de Börg o el 5-10% de la FCE.

  - Aumentar la frecuencia del ejercicio hasta llegar a un mínimo de 5 sesiones a la semana.

b) Progresión del EF de fuerza:

- **Individualizar la progresión** para cada paciente.
- **Evaluar la progresión** de forma periódica.
- **Aumentar el número de repeticiones.**
- **Aumentar la carga de cada ejercicio** de forma individual.

Asimismo, hay que considerar una serie de factores a tener en cuenta en la adaptación del paciente al EF y por tanto para pautar la progresión del mismo:

- **Potencial genético,** que condiciona una variabilidad en la magnitud del efecto de entrenamiento en individuos que realizan el mismo volumen o dosis de ejercicio.
- **Enfermedades o tratamientos asociados a la enfermedad coronaria,** como enfermedades respiratorias, reumatológicas, etc.
- **Edad.** Los pacientes mayores generalmente se adaptan más lentamente al entrenamiento físico que los pacientes más jóvenes.
- **Sexo.** Las mujeres generalmente experimentan

ganancias absolutas más pequeñas en la forma física, aunque las ganancias relativas son las mismas que en el caso de los hombres.

- **Aptitud inicial.** En general, cuanto más bajo sea el nivel básico de aptitud física, mayores serán las ganancias relativas en la aptitud del EF.

Conclusiones

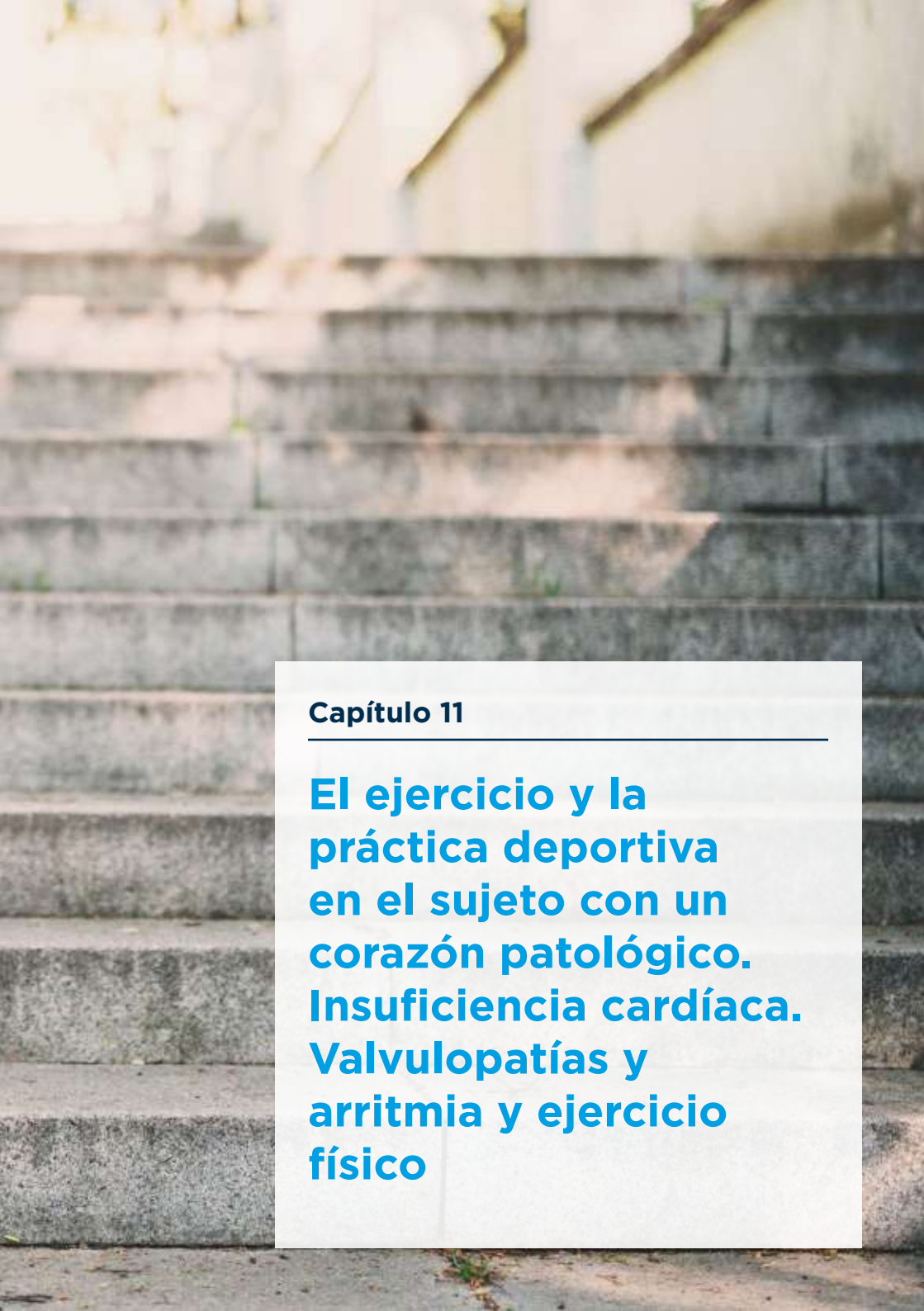
El entrenamiento físico en el paciente con enfermedad coronaria proporciona múltiples beneficios que van desde la **mejoría** de la CF y de la calidad de vida hasta una disminución del riesgo de mortalidad.

La realización del EF debe contemplar una serie de **pautas** que aporten al paciente **seguridad** a la vez que **beneficios.**

La recomendación genérica actual de EF es realizar al menos **30 minutos de ejercicio de intensidad moderada** preferiblemente **todos los días** de la semana. Es aconsejable participar en **diferentes actividades físicas** y **aumentar progresivamente** su actividad según la tolerancia.

Es importante entender que el **entrenamiento físico regular** debe acompañarse de un **estilo de vida activo.** La actividad física no debe restringirse al momento de ir al gimnasio o hacer deporte. La actividad física debe acompañar el **día a día** a cada persona, incorporando a sus **hábitos** de vida el ir andando a los sitios o en transporte público, sustituir el ascensor por las escaleras, propiciar actividades al aire libre, etc.

Por tanto, se podría decir que hoy en día son excepcionales las situaciones en las que se desaconseje la práctica de EF a un paciente con enfermedad CV porque no es admisible negar el beneficio que su práctica conlleva a ningún paciente.



Capítulo 11

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Insuficiencia cardíaca. Valvulopatías y arritmia y ejercicio físico

El ejercicio y la práctica deportiva en el sujeto con un corazón patológico. Insuficiencia cardíaca. Valvulopatías y arritmia y ejercicio físico

1. Insuficiencia cardiaca y ejercicio físico

Definición

La **insuficiencia cardiaca (IC)**, se define como la **incapacidad del corazón para realizar su función de forma adecuada** (no es capaz de bombear la sangre para hacer que esta llegue al organismo y/o se produce un aumento en las presiones de llenado del corazón). Esto **se manifiesta a través de una serie de síntomas característicos** como **l**a fatiga o el cansancio, la falta de aire y la retención de líquidos, que puede ocurrir en los pulmones, o en otras partes del cuerpo como las piernas y el abdomen. Existen múltiples causas de IC. En general, se debe **al deterioro de la función del corazón**, secundaria entidades como la hipertensión arterial crónica mal controlada, enfermedad valvular, enfermedad de las arterias coronarias, y otras causas menos comunes como la miocarditis o las arritmias **(Tabla I)**.

Existen **dos tipos** fundamentales **de IC:**

- La **IC con fracción de eyección deprimida**, que es aquella en la que el corazón tiene una fuerza de contracción por debajo de lo normal
- La **IC con fracción de eyección preservada**.

CAUSAS MÁS FRECUENTES	CAUSAS MENOS FRECUENTES
• Cardiopatía isquémica • Hipertensión arterial • Cardiopatía valvular • Miocardiopatías o enfermedades propias del músculo cardiaco	• Cardiopatías congénitas • Miocarditis • Toxinas (como el alcohol, los fármacos quimioterápicos) • Enfermedades infiltrativas • Hipertiroidismo

Tabla 1. Causas de insuficiencia cardiaca

Para realizar un correcto diagnóstico es fundamental realizar una **historia clínica completa** y una **exploración física** que identifique todos los signos y síntomas típicos de la IC, así como la realización de **pruebas complementarias** como el electrocardiograma, el ecocardiograma, ergometría, analíticas de sangre y radiografía **(Figura 1)**.

Epidemiología

La IC es en la actualidad una de las **principales causas de hospitalización y fallecimiento** en los países desarrollados. Si bien puede manifestarse a cualquier edad, su frecuencia aumenta claramente con el avance de la edad. De esta manera, se estima que alrededor del **1 - 2%** de la población adulta **tiene IC** y este porcentaje es **mayor del 10%** en aquellos mayores. Los grandes avances alcanzados en el campo de la cardiología, tanto en los tratamientos farmacológicos como intervencionistas, han conseguido mejorar notablemente la supervivencia de los pacientes con enfermedades cardiacas.

Esto, junto con el envejecimiento de la población, hacen que la prevalencia de la IC este en continuo aumento, convirtiéndose en uno de los principales focos de atención del sistema sanitario.

Figura 1. (A) Ecocardiograma trastorácico standard, (B) ergometría convencional.

Manifestaciones clínicas

Las manifestaciones clínicas de la IC pueden incluir:

- **Síntomas causados por la acumulación de líquido o congestión**
  - **Falta de aire o disnea y tos:** se debe a la acumulación de líquido en los pulmones. Cuando es leve, la disnea aparecerá sólo con los esfuerzos. Cuando es avanzada, puede aparecer incluso en reposo.
  - **Hinchazón o edema:** suele iniciar en los tobillos, pero puede extenderse a piernas y abdomen. Se suele asociar a una ganancia de peso en un corto intervalo de tiempo.
  - **Orinar en las noches:** se debe también a la acumulación de líquidos que se eliminan por los riñones en mayor cantidad cuando nos tumbamos.
- **Síntomas relacionados con la falta de flujo sanguíneo en el cuerpo**
  - **Fatiga y cansancio:** en algunos pacientes la IC se asocia a una disminución en la capacidad de bombear sangre al resto del organismo, incluyendo los músculos, por lo que se siente cansancio muscular muy precozmente. Éste es uno de los síntomas que puede mejorar gracias a la realización de ejercicio.
  - **Mareos:** suele ser secundario a una tensión arterial más baja, en la mayoría de las ocasiones debido a las medicaciones que están recibiendo los pacientes con IC. En general, se pueden realizar ajustes en las medicaciones y en el estilo de vida de los pacientes para intentar disminuir la aparición de mareos.
- **Otros síntomas**
  - **Palpitaciones:** por aumento de la frecuencia cardiaca o por aparición de arritmias cardiacas. Estos síntomas deben ser informados al médico quien debe investigar en su origen y plantear un tratamiento adecuado.
  - **Falta de apetito:** esto se relaciona con la acumulación de líquido en el aparato digestivo o con la diminución de flujo sanguíneo. Se recomienda a los pacientes comer raciones pequeñas y varias veces al día.

- **Falta de energía y motivación:** la presencia de síntomas de IC deteriora la calidad de vida de los pacientes y se asocia en muchos casos a tristeza y depresión. El ejercicio es una de las armas fundamentales para mejorar la capacidad funcional de los pacientes, lo que se refleja en mayor motivación y mejor estado de ánimo.

En la práctica clínica se utiliza la **clasificación funcional de la NYHA** (New York Heart Association) **para describir la severidad de los síntomas y la intolerancia al ejercicio (Tabla II).** Esta sencilla clasificación permite a los cardiólogos estratificar la situación clínica de los pacientes y guiar su tratamiento.

Tratamiento

El tratamiento de la IC se debe **realizar de forma individualizada y dirigida en función de la causa y del tipo de IC que tiene cada paciente**. Incluye el uso de **medicamentos y en algunos pacientes de dispositivos**, dirigidos tanto a mejorar la función del corazón como a aliviar los síntomas. Además, es fundamental el manejo de otras enfermedades que pueden empeorar de forma significativa la situación clínica de los pacientes con IC, como la

CLASIFICACIÓN SEGÚN NYHA	SÍNTOMAS DEL PACIENTE
I	Enfermedad cardiaca reconocida sin limitaciones de actividad física. La actividad habitual no da como resultado fatiga excesiva, disnea, palpitaciones o angina.
II	Enfermedad cardiaca reconocida con leves limitaciones de la actividad física. Los pacientes se sienten cómodos en reposo pero pueden experimentar algún tipo de fatiga, disnea, palpitaciones, o angina durante actividad física moderada.
III	Enfermedad cardiaca reconocida con notorias limitaciones de la actividad física. Los pacientes se sienten cómodos en reposo pero experimentan fatiga, disnea, palpitaciones, o angina durante actividad física leve.
IV	Enfermedad cardiaca reconocida con síntomas de insuficiencia cardíaca en reposo. Cualquier actividad física resulta altamente inconfortable.

Tabla 2. Clasificación funcional de insuficiencia cardiaca segun la NYHA

diabetes, la hipertensión arterial y la anemia. Los fármacos empleados en el manejo de la insuficiencia cardiaca van destinados fundamentalmente a "descargar" de trabajo al corazón y aliviar los síntomas congestivos **(Tabla III)**.

Dado que la IC es una entidad crónica que requiere un manejo médico a largo plazo, la participación de los pacientes en su autocuidado es fundamental para mejorar su pronóstico y evitar las hospitalizaciones frecuentes. Este **autocuidado** incluye una buena relación con el médico, la adherencia al tratamiento farmacológico, el cumplimiento de las restricciones en la dieta y los cambios en el estilo de vida, que incluyen el compromiso con un régimen de ejercicio físico. La participación, de los pacientes en su autocuidado, **unido al apoyo médico**

FÁRMACOS DIURÉTICOS	• Furosemida • Torasemida • Hidroclorotiazida • Espironolactona
FÁRMACOS BETA-BLOQUEANTES	• Bisoprolol • Carvediol • Metoprolol • Nevibolol
FÁRMACOS INIHIBIDORES DE LA ECA Y RA	• Captopril • Enalapril • Lisinopril • Rmipril • Losartan • Candesartan • Valsartan
FÁRMACOS ANTAGONISTAS DE MINERALOCORTICOIDES	• Espironolactona • Eplerenona

ECA: enzima convertidora de angiotensina; RA: receptores de angiotensina.

Tabla 3. Fármacos comunmente utilizados en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca

adecuado son fundamentales para mejorar los síntomas, evitar la progresión de la IC y mejorar la calidad de vida.

El ejercicio físico en la insuficiencia cardiaca

Algunos de los síntomas que experimentan los pacientes con IC, como la falta de aire, el cansancio y la fatiga se relacionan precisamente con los esfuerzos físicos. Esta situación conduce al temor al ejercicio físico, por lo que los pacientes reducen drásticamente su actividad física, hasta niveles que les permitan vivir de forma confortable todos los días, libres de síntomas. A su vez, el sedentarismo y la inmovilidad conducen al desacondicionamiento muscular y al aumento de peso, iniciando un círculo vicioso que conduce a un empeoramiento de los síntomas de forma progresiva.

Los beneficios derivados de la actividad física, y más específicamente, del deporte estructurado han sido demostrados ampliamente. Varias revisiones sistemáticas han demostrado que la **realización de ejercicio físico de forma rutinaria por parte de los pacientes con IC mejora su consumo máximo de oxígeno** (VO_2max) (indicador del metabolismo), **su tolerancia al ejercicio, la calidad de vida e incluso reduce la tasa de hospitalizaciones, sin asociarse con ningún efecto perjudicial sobre el corazón.** De hecho, las guías europeas de práctica clínica recomiendan la realización de ejercicio físico de forma rutinaria y la inclusión de los pacientes con IC en programas estructurados de rehabilitación cardiaca.

Por lo tanto, **los cardiólogos recomendamos a todos los pacientes con IC cambios en el estilo de vida que promuevan la actividad física y la inclusión en programas de ejercicio físico estructurado**. Los cambios de estilo de vida implican la promoción de actividades cotidianas comunes como caminar a paso ligero, subir escaleras (en vez que tomar el ascensor), hacer trabajos manuales en casa o jardín, y participar en actividades recreativas activas como salir a dar paseos o jugar con hijos y nietos **(Figura 2).**

En relación, a la implementación de programas de ejercicio físico estructurado, se requiere una selección apropiada de pacientes y de un programa de entrenamiento adecuado.

En primer lugar, se recomienda el **inicio de entrenamiento físico** para los pacientes que tengan una clase funcional de la NYHA I-III estable, independientemente del tipo de IC (IC con fracción de eyección deprimida o

1. Utilizar las escaleras en lugar del ascensor.
2. Siempre que sea posible, intente caminar mas de lo habitual, por ejemplo aparcando el coche mas lejos del trabajo o bajándose del autobus una parada antes.
3. Incorpore caminar en su rutina diaria, si es posible vaya al trabajo o a la compra andando.
4. Intente aumentar la intensidad de las tareas domésticas.
5. Reduzca los periodos prolongados de inactividad, por ejemplo, reduzca las horas de ver televisión en el sofa, de estar con el ordendor, etc.
6. Si es obligatorio estar periodos prolongados sentado, cada cierto tiempo, por ejemplo, cada hora, póngase de pie y realice estiramientos durante unos minutos.
7. Si es posible y disfruta con ello, realice tareas de jardinería o de horticultura
8. Baile, salga a pasear con hijos o nietos, saque a pasear el perro, etc. Intente ser una persona activa y dinámica en cualquier momento del día.

ECA: enzima convertidora de angiotensina; RA: receptores de angiotensina.

Figura 2. Recomendaciones para la actividad física cotidiana

preservada) y de la cardiopatía de base. En los pacientes con IC avanzada (NYHA IV) o IC descompensada (aquellos pacientes que precisan ingreso hospitalario y/o cambios en su tratamiento habitual por empeoramiento de síntomas) la actividad deportiva estructurada está contraindicada de forma temporal, recomendándose sin embargo, la movilización precoz y gradual para prevenir el desacondicionamiento.

Una vez identificados los pacientes candidatos, se debe realizar un screening individualizado para identificar posibles contraindicaciones para la práctica deportiva **(Tabla IV)** que incluya una

ABSOLUTAS:	• 1. Síndrome aórtico agudo (aneurisma, disección) • 2. Estenosis severa del TSVI (estenosis aórtica o miocardiopatía hipertrófica obstructiva)
TEMPORALES O RELATIVAS:	• 1. Fase precoz tras un evento coronario agudo • 2. Angina inestable • 3. Insuficiencia cardiaca descompensada • 4. Clase funcional NYHA IV • 5. Hipertensión arterial descontrolada • 6. Enfermedades metabólicas descompensadas. • 7. Arritmias malignas, como la taquicardia ventricular. EV que aumenta con el ejercicio. • 8. Arritmias supraventriculares no controladas • 9. Bloqueo AV grados 2 y 3 • 10. Respuesta inotrópica inadecuada al esfuerzo sintomática • 11. Enfermedades en fase aguda: Embolia pulmonar o sistémica, miocarditis, pericarditis activa, Tromboflebitis, infecciones • 12. Trastornos psicológicos graves • 13. Limitación locomotora grave

TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo; NYHA: New York Heart Association; EV: extrasistolia ventricular; Bloqueo AV: Bloqueo de la conducción auriculoventricular

Tabla 4. Contraindicaciones para la realización de ejercicio físico

historia clínica, exploración física, ECG, prueba de esfuerzo y ecocardiograma.

Finalmente, se debe seleccionar el tipo de deporte que practicará el paciente. No existe un acuerdo universal sobre el **tipo de ejercicio que deben realizar los pacientes** con IC, por lo tanto, la selección **debe ser de forma individualizada**, teniendo en cuenta la edad, la situación laboral, los hábitos de ocio, las preferencias y habilidades de los pacientes, así como la disponibilidad de instalaciones y equipo deportivo. La identificación del deporte apropiado y de la intensidad adecuada es crucial para obtener los beneficios deseados mientras se mantiene control razonable de los posibles riesgos **(Figura 3)**.

Es importante recordar que un nivel de actividad física insuficiente sin criterios que justifiquen la restricción puede ocasionar una gran insatisfacción personal, además de no conseguir los efectos beneficiosos esperados sobre la propia enfermedad.

1. Caminar es un ejercicio físico fácil y barato. Es recomendable caminar 30-60 minutos con una intensidad al menos moderada, la mayoría de días a la semana.
2. Si es posible, intente realizar el ejercicio físico en compañía de familia o amigos. Esto incrementará su adherencia a la actividad deportiva.
3. Busque una actividad deportiva en la que pueda disfrutar.
4. Evite realizar ejercicio en las horas más frías del invierno o más calurosas del verano.
5. Siempre lleve agua para beber de forma regular y mantenerse hidratado.
6. Es recomendable, esperar 2 horas tras las comidas antes de hacer ejercicio físico.
7. Durante el ejercicio físico, se debe controlar el pulso cardiaco para que esté entre el 60 – 85% de su frecuencia cardiaca máxima (FC máxima = 220 – edad) o la frecuencia cardiaca recomendada por su cardiólogo.

Figura 3. Recomendaciones generales para la realización de ejercicio físico.

Existen **dos modalidades** fundamentales de **entrenamiento:**

- 1. **El Cardiovascular**, donde el objetivo se fundamenta principalmente en el trabajo del corazón y las resistencias periféricas (vasos sanguíneos)
- 2. El de **Tonificación muscular**, en el que se trabaja sobre la musculatura musculoesquelética.

El **entrenamiento cardiovascular es aquel en el que se realiza un trabajo muscular dinámico**, en el que participan grandes grupos musculares. Este tipo de ejercicio aporta mayores efectos beneficiosos a nivel cardiovascular y es recomendado de forma sistemática en las guías de práctica clínica. Incluye actividades como caminar, correr, montar en bicicleta, nadar y bailar.

La **prescripción de la intensidad de ejercicio aeróbico debe ser individualizada,** y se basará en los resultados de la prueba de esfuerzo, las características del paciente y el grado de entrenamiento previo. El tanto por ciento del esfuerzo máximo recomendado varía según el parámetro utilizado para medir el trabajo. En general, el ejercicio aeróbico para pacientes con IC se prescribe a un 70% u 80% de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo convencional.

Algunos centros disponen de la **prueba de esfuerzo con consumo de oxígeno** (VO_2), que mide de forma objetiva el metabolismo y la capacidad funcional máxima de un individuo. En casos seleccionados (por ejemplo, pacientes con fracción de eyección deprimida) se pueden utilizar los valores de VO_2 máximo, así como los valores del umbral aeróbico y anaeróbico para prescribir la intensidad del ejercicio. En pacientes cardiológicos o personas mayores se suele prescribir trabajar en zonas cercanas al primer umbral, que puede variar entre el 50 y el 75% (iniciar en el 40-50% y progresar hasta el 70-80% del VO_2 máximo) y en personas sanas también se utiliza los valores del segundo umbral (ver capítulo 3 y 15).

Se recomienda **iniciar con 5-10 minutos de entrenamiento** de baja intensidad, 2 veces a la semana, e ir progresando hasta sesiones de 45 – 60 minutos de alta intensidad y 3-5 veces por semana. Uno de los ejercicios físicos realizados con más facilidad es caminar, ya que es un deporte sencillo, barato, que se puede realizar al aire libre, en instalaciones deportivas

o en casa. Involucrar a la familia para apoyar al paciente contribuye en gran medida a fomentar el cumplimiento de la actividad deportiva. Algunos de estos deportes se pueden practicar en compañía, algo que les da una dimensión social muy valorada por algunos pacientes.

El ejercicio de **tonificación muscular** es aquel en el que se busca una contracción muscular sostenida contra una resistencia fija, por lo que fortalece y tonifica los músculos, mejora la flexibilidad y aumenta la masa ósea. Hasta hace unos años se consideraba que el ejercicio de fuerza podía ser perjudicial al favorecer el remodelado negativo del ventrículo izquierdo como consecuencia del aumento de la pos-carga. Sin embargo, hoy en día existe evidencia de su utilidad para evitar la pérdida de masa muscular y su impacto positivo en la capacidad funcional y en la calidad de vida de los pacientes.

Dentro del trabajo de tonificación muscular queda implícito el trabajo de movilidad articular **(flexibilidad)**, para conseguir un máximo rendimiento, así como una reducción de las lesiones.

Al igual que en el ejercicio cardiovascular, se puede trabajar de forma aeróbica o de resistencia, con ejercicios con poco peso y muchas repeticiones, o de forma anaeróbica, con mucho peso y pocas repeticiones, **“fuerza máxima”**. Para ahondar en este trabajo acudir al capítulo 15.

En el caso de pacientes cardiológicos, el ejemplo más característico es el levantamiento de pesas y se **recomiendan ejercicios que combinen poco peso con mucho movimiento**. Las cargas iniciales de entrenamiento de la fuerza deben ser livianas y los pacientes deben completar 6 – 15 repeticiones de ejercicios dirigidos a los músculos superiores e inferiores, uno o dos días por semana. Es importante enseñar a los pacientes que durante los ejercicios de fuerza debe evitar realizar maniobras de Valsalva (contención de la respiración) y tener la presión arterial bien controlada.

Las **sesiones de ejercicio** físico deben iniciar siempre con un periodo de calentamiento, en el que se realizan ejercicios a menor intensidad para preparar el sistema muscular y el corazón, y finalizar con un periodo de enfriamiento o vuelta a la calma, con disminución progresiva de la intensidad del ejercicio y ejercicios de estiramiento para evitar lesiones musculares.

Finalmente, haremos mención a una herramienta para calcular la intensidad del entrenamiento, basada en la sensación de esfuerzo percibida por una persona mientras realiza el ejercicio, la escala de Börg **(Figura 4).** Es un método validado y fácil de utilizar para todos los pacientes mientras realizan cualquier tipo de ejercicio. Se trata de una escala con valores de 6 a 20, en la que un valor de 12 a 13 (esfuerzo medio) corresponde a un 60% del VO_2 máximo y un valor de 16 (esfuerzo intense y muy intense) corresponde a un 85% del VO_2 máximo. Se recomienda un aumento progresivo de la intensidad del ejercicio de acuerdo con la escala de Börg hasta un valor de 12-13 y siempre por debajo de 15.

2. Valvulopatías y ejercicio físico

La incidencia de las enfermedades valvulares ha cambiado en nuestro medio en los últimos años. La patología valvular sigue teniendo una prevalencia relevante en cualquier servicio de cardiología, al emerger las de etiología degenerativa o no reumáticas y persistir con menor incidencia las valvulopatías congénitas. A pesar de que la patología valvular es tan común y que en la mayor parte de los casos los síntomas tienen como factor desencadenante y limitante el esfuerzo, existen pocos trabajos en los que se estudie la respuesta y limitación de estos pacientes al ejercicio.

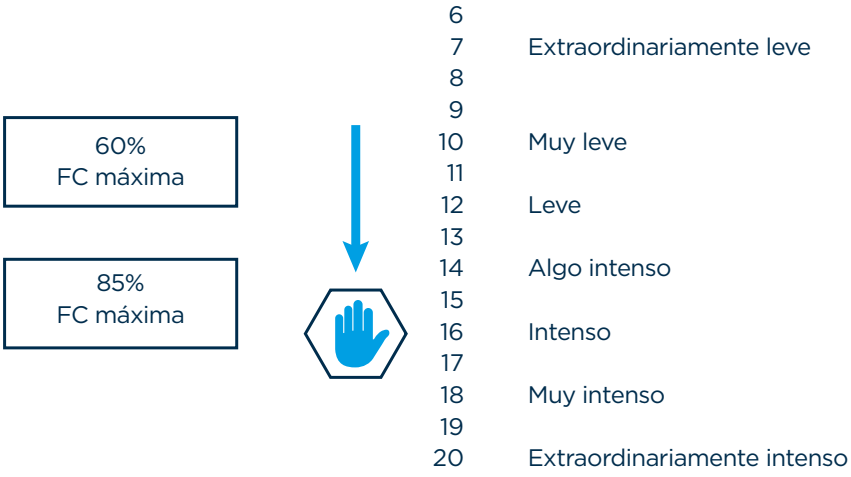


Figura 4. Escala de Börg: percepción subjetiva de esfuerzo.

En el diagnóstico de las valvulopatías se utilizan el ecocardiograma Doppler bidimensional y excepcionalmente el cateterismo cardíaco. Para la valoración de la capacidad funcional no basta con la historia clínica y es necesaria la realización de una prueba de esfuerzo, bien en tapiz rodante o en cicloergómetro, es excepcional que precise un estudio hemodinámico.

Debemos tener en cuenta que no se disponen de estudios prospectivos en atletas, por lo que la mayoría de recomendaciones se basan en estudios de cohortes de individuos no atletas con valvulopatía y consensos de expertos, con nivel de evidencia C por tanto.

Según las Guías Americanas de 2014 del manejo de pacientes con enfermedad valvular define 4 estadios que son útiles para sub-clasificar a pacientes con enfermedad valvular mitral y aórtica, de acuerdo con el riesgo que implica la realización de la actividad física.

- **Estadio A:** pacientes asintomáticos con riesgo de desarrollo de estenosis o insuficiencia como los pacientes con aorta bicúspide o prolapso mitral. Pueden presentar hallazgos físicos como click o soplo eyectivo aórtico pero no existen datos patognomónicos de enfermedad valvular.
- **Estadio B:** pacientes asintomáticos con enfermedad valvular leve moderada, con función sistólica normal de ventrículo izquierdo (VI).
- **Estadio C:** pacientes asintomáticos con enfermedad valvular severa, con función sistólica preservada (C1) o reducida (C2).
- **Estadio D:** pacientes sintomáticos con enfermedad valvular severa con o sin disfunción ventricular.

La elección del tipo de deporte es un aspecto importante para pacientes valvulares en estadios A, B, C, mientras los pacientes sintomáticos en estadio D no son candidatos para el deporte y generalmente son referidos a cirugía.

Clasificación de las actividades deportivas: Ejercicio estático y dinámico

Los deportes se clasifican con el fin de establecer recomendaciones o prohibiciones de su uso para deportistas portadores de enfermedad cardíaca.

Las actividades pueden clasificarse en función del tipo y la intensidad del ejercicio practicado. El ejercicio, a su vez, puede dividirse en dos tipos principales:

- Dinámico.
- Estático.

Esta clasificación, se ha basado en la construcción de una tabla que caracterizaba los deportes en primer lugar por su componente de resistencia, expresado como la intensidad de contracciones musculares estáticas y en segundo lugar su componente dinámico, reflejado por la intensidad relativa de ejercicio dinámico (contracción regular de grandes grupos musculares). La clasificación del deporte describe ambos componentes en cada uno de ellos **(Tabla V)**.

Las contracciones estáticas estimulan los procesos mecánicos y metabólicos del músculo esquelético, lo que conduce a cambios en la presión arterial. Cuanto mayor sea la masa muscular

CLASIFICACIÓN DEPORTES	A. Carga Dinámica Baja (<50%)	B. Carga Dinámica Media(50-75%)	C. Carga Dinámica Alta(>75%)
I. Carga Estática Baja (<10%)	• Golf • Bolos • Billar • Tiro • Yoga • Cricket	• Béisbol • Voleibol • Ping-Pong • Tenis (dobles)	• Running (larga Distancia) • Badminton • Squash • Fútbol (*) • HockeyHierba (*)
II. Carga Estática Media (10-20%)	• Equitación (+*) • Arco • Buceo (+*) • Carrera vehículos (+*) • Motociclismo (+*)	• Rugby (*+) • Carrera de velocidad (sprint) • Natación Sincronizada (+) • Surf • Patinaje • Atletismo: Salto	• Tenis • Natación • Baloncesto (*) • Hockey • Running (media distancia) • Balonmano
III. Carga Estática Alta (>30%)	• Windsurf (+*) • Lanzamiento • Gimnasia deportiva(+*) • Judo/ Karate(+*) • alterofilia(+*) • Escalada(+*) • Vela	• Esquí: slalom (*) • Culturismo (+*) • Lucha (*) • Taekwondo* • Snowboard (+*) • Skateboard (+*)	• Ciclismo (+*) • Remo/Kayak/ • CanoaBoxeo (*) • Decatlón • Patinaje de velocidad • Triatlón (+*)

Tabla V.

implicada, mayor la intensidad de la contracción y mayor es el aumento de la presión arterial; la incorporación de una maniobra de Valsalva durante las contracciones aumenta de forma aguda y transitoria la presión arterial.

El ejercicio dinámico implica cambios en la longitud muscular y movimiento de articulaciones con contracciones rítmicas, que desarrollan una fuerza intramuscular relativamente pequeña. El ejercicio dinámico aumenta la demanda de flujo sanguíneo y de gasto cardíaco, que se produce sin aumento de la presión.

Estos **dos tipos de ejercicio** deberían ser considerados como los **dos extremos de un espectro continuo de actividades con componentes estático y dinámico**. Tanto el ejercicio dinámico como el estático resultan en un aumento en la demanda miocárdica de oxígeno.

Durante el **ejercicio dinámico** de alta intensidad, existe un **aumento de la frecuencia cardíaca** y un aumento en el volumen de eyección del corazón. En el **ejercicio estático** de alta intensidad, ocurre un **aumento menor de la frecuencia cardíaca**, y poco o nada en el volumen de eyección del corazón; sin embargo, la presión arterial y el estado contráctil del corazón aumentan de forma considerable.

Así, el **ejercicio dinámico** produce una **sobrecarga de volumen**, mientras que el **ejercicio estático** una **sobrecarga de presión.** Desde el punto de vista cardiovascular siempre es más cardiosaludable el dinámico que el estático.

Pero prácticamente todos los deportes tienen una mezcla de ambos esfuerzos. Si ambos componentes son altos, como en los deportes de remo, la adaptación cardiaca que se tiene que producir es una de las más importantes de todos los deportes.

Valvulopatías

A continuación, se analiza la etiología, fisiopatología, clínica, diagnóstico de cada una de las anomalías valvulares y se dan unas recomendaciones generales en relación con el tipo de actividad que razonablemente, cada valvulopatía permite realizar.

Estenosis aórtica (EAo)

Esta patología es aún responsable de **algunos casos de muerte súbita** en atletas jóvenes (<4% de los casos). La etiología más frecuente es la **estenosis degenerativa**, sin olvidar la válvula aórtica bicúspide, relativamente común en atletas jóvenes (1,5 al 2% de

la población general), así como la afectación reumática, aún frecuente en atletas de países en vías de desarrollo.

La **ecocardiografía doppler** es el método diagnóstico de elección, que nos permitirá determinar la **morfología valvular**, velocidad del jet, gradientes y área valvular **(Figura 5)**. Es importante también valorar el tamaño y morfología de la aorta ascendente a fin de excluir patología aórtica asociada. Ante la posibilidad de infraestimación de gradientes, deben considerarse otros estudios en casos de estenosis leve-moderada por ecocardiograma y síntomas discordantes o hipertrofia ventricular izquierda.

La ergometría puede ser también de utilidad para confirmar con objetividad si el paciente se encuentra asintomático, detectar

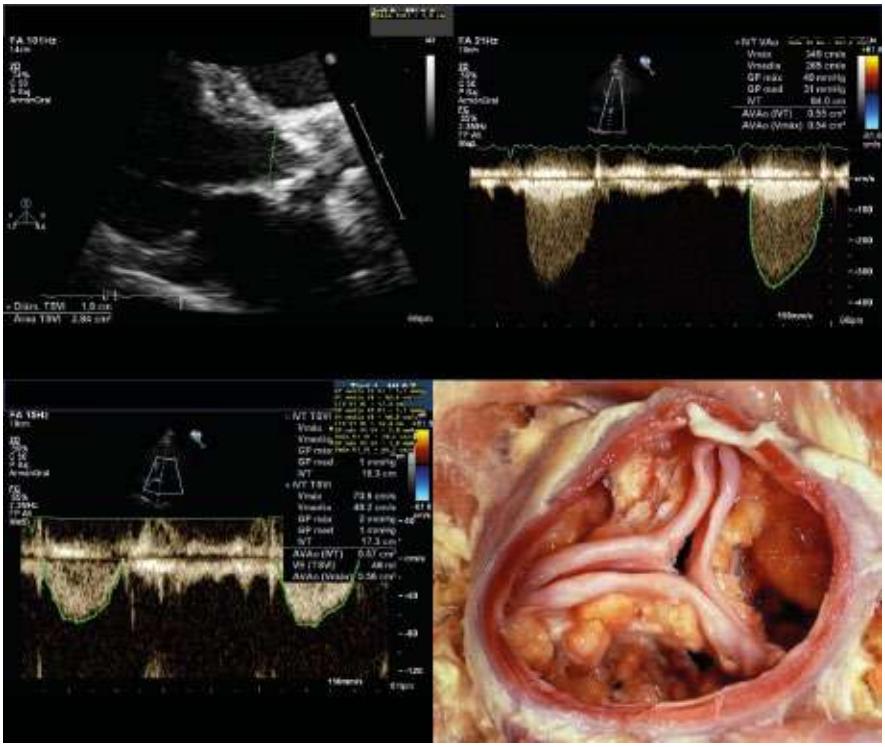


Figura 5. Ecocardiograma de paciente con estenosis aórtica severa de bajo flujo y bajo gradiente (A, B, C) medidas del tracto de salida, Doppler continuo y pulsado para estimar el área valvular aórtica. (D) vista quirúrgica de válvula aórtica calcificada en quirófano.

hipotensión durante el ejercicio o cambios electrocardiográficos.

Evaluación

En atletas con válvula aórtica bicúspide sin estenosis (estadio A), se recomienda exploración física anual para detectar la aparición de nuevos soplos.

En caso de **estenosis leve-moderada** (estadio B), debe realizarse **anualmente examen físico y ecocardiografía** para evaluar la severidad.

La **ergometría debe realizarse sí existe EAo leve-moderada**, para estar seguro de que la tolerancia es adecuada a la actividad física que se propone y que no desarrolla hipotensión arterial o evidencia de isquemia en el electrocardiograma.

Recomendaciones (niveles de recomendación **figura 6**):

- **1**. Los deportistas con EAo deben ser valorados anualmente para determinar la idoneidad de la práctica deportiva (recomendación clase I, nivel de evidencia C).
- **2.** Deportistas con estenosis leve (estadio B) con respuesta normal al ejercicio máximo demostrada con ergometría pueden participar en todo tipo de deportes (IIC).
- **3.** Deportistas asintomáticos con estenosis moderada (estadio B) pueden participar en deportes de baja y moderada carga estática o baja y moderada carga dinámica (clases IA, IB y IIA de la clasificación de Mitchell), si la tolerancia al ejercicio en ergometría es normal, sin síntomas, sin cambios en ECG y con respuesta normal de la tensión arterial (IIa, C).
- **4.** Atletas asintomáticos con EAo severa (estadio C) no deben participar en deportes de competición, con la posible excepción de aquellos de baja intensidad (IA) (IIIC).
- **5.** Los sujetos sintomáticos (D) no deben participar en deportes de competición (IIIC).

Insuficiencia aórtica (IAo)

La insuficiencia aórtica se produce cuando la **válvula aórtica no cierra completamente** y permite la regurgitación de la sangre desde la aorta al ventrículo izquierdo durante la diástole. Las causas más comunes son:

- La válvula aórtica bicúspide,
- Las enfermedades del tejido conectivo como el síndrome de Marfan.

CLASES DE RECOMENDACIONES	DEFINICIÓN	TERMINOLOGÍA A UTILIZAR
Clase I	Existe evdencia y/o acuerdo general de que un tratamiento o procedimiento concreto es beneficioso, útil, efectivo.	Está recomendado/ indicado.
Clase II	Existe evidencia contradictoria y/o divergencia de opiniones sobre la utilidad/eficacia de un tratamiento o procedimiento concreto.	
Clase IIa	El peso de las pruebas/opiniones apoya a la utilidad/eficacia.	Debe considerarse.
Clase IIb	La utilidad/eficacia está menos sustentada por las evidencias/ opiniones.	Puede considerarse.
Clase III	Existe evidencia o acuerdo general de que un tratamiento o procedimiento concreto no es útil ni efectivo y en algunos casos puede ser nocivo.	No se recomienda.

Figura 6. Clases de recomendaciones y niveles de evidencia

- Enfermedad reumática, idiopática o por dilatación hipertensiva de aorta ascendente.

La **sobrecarga de volumen** que conlleva la insuficiencia aórtica crónica da lugar a **dilatación del ventrículo izquierdo** y, a la larga, puede conducir a **depresión de la función sistólica**. El proceso es lento y el individuo suele permanecer sin síntomas durante años. En esta fase el diagnóstico se realiza por el examen físico con amplitud de pulso aumentada y soplo diastólico en el borde esternal izquierdo, también puede existir un **soplo sistólico eyectivo** por la sobrecarga de volumen.

El ecocardiograma confirma la regurgitación aórtica y gradúa la severidad. La IAo produce sobrecarga de volumen que es bien tolerada durante décadas.

El paciente con insuficiencia aórtica ligera a moderada suele permanecer sin síntomas y tolerar bien el ejercicio físico. Sin embargo, cuando la **dilatación del ventrículo izquierdo aumenta**, puede llegar a producirse **limitación con los esfuerzos de mayor intensidad**, sobre todo si ya ha comenzado la disfunción sistólica ventricular.

En la evaluación ecocadiográfica **(Figura 7)** en deportistas nos encontraremos la dificultad añadida de distinguir qué grado

de dilatación ventricular es producido por la insuficiencia y cuál es debido a la adaptación al entrenamiento de los deportistas. Hasta un 45% de los varones atletas tienen diámetro telediastólico de ventrículo izquierdo (DDVI>55mm, solo el 14% presentan DDVI > 60 mm).

Por lo tanto, un **diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo superior a 60 mm en hombre o 55 mm en mujeres** debe hacer sospechar que se trata de una dilatación patológica, por lo que en estos casos los deportistas deben ser valorados y vigilados más estrechamente. Del mismo modo el límite superior en atletas para el diámetro sistólico de ventrículo izquierdo (DSVI) es 49 mm en varones y 38 mm en mujeres.

Existen valores de referencia publicados sobre **diámetros ventriculares** (LVEDD y LVESD) en atletas de ambos sexos, absolutos e indexados, que **pueden ser útiles para establecer el diagnóstico diferencial**. En atletas con IAo severa que excedan esos valores, podemos sospechar que la dilatación será más probablemente debida a su valvulopatía, y debe valorarse la disminución de la intensidad del ejercicio para evitar mayor dilatación y deterioro ventricular. Un parámetro importante a evaluar es la **fracción de eyección del ventrículo izquierdo.** Se considera significativa una fracción de eyección inferior al 50%, ya que

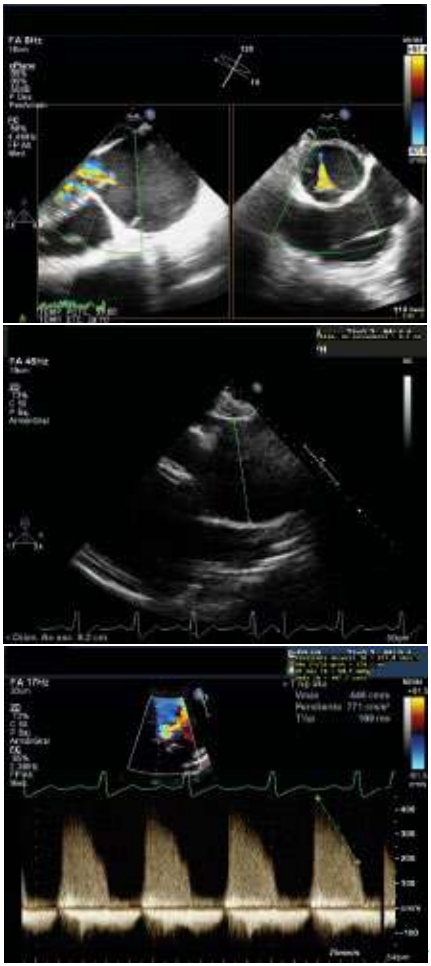


Figura 7. Ecocardiograma de paciente con válvula aórtica tricúspide e insuficiencia aórtica severa por Doppler color (A) y continuo (B) dilatación severa de aorta ascendente (C) y ventrículo izquierdo severamente dilatado (D).

indica disfunción sistólica. Así mismo, el diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo también es un parámetro valioso en la evaluación, ya que cuando es **superior a 50 mm en el hombre o 40 mm en la mujer puede indicar que existe disfunción sistólica ventricular.**

Evaluación

Todos los **atletas con insuficiencia aórtica** deben ser sometidos anualmente a ecocardiograma y prueba de esfuerzo. La medición seriada de los diámetros ventriculares y la función sistólica del ventrículo izquierdo (FEVI,) que suele mantenerse preservada hasta grados severos de dilatación ventricular, será útil en el seguimiento. Los pacientes con IAo a menudo tienen válvula aórtica bicúspide. En estos pacientes es importante **medir el diámetro de la aorta**, ya que en algunas pacientes se produce dilatación de la misma asociada, en estos es fundamental evaluar la raíz aortica y la aorta ascendente, para excluir aortopatía

Recomendaciones

- **1.** Los **atletas con IAo** deben ser evaluados de forma anual con anamnesis, exploración física y eco doppler para determinar si pueden continuar con su actividad deportiva (IC).
- **2.** Una **ergometría** en que se alcance al menos la intensidad que desarrollará en competición es útil para confirmar el estado asintomático y valorar la respuesta tensional (IC).
- **3. Deportistas con IAo leve-moderada** (estadio B) con FEVI normal (≥50%), sin dilatación de VI o dilatación leve y con tolerancia normal al ejercicio en la ergometría, pueden participar en deportes de competición (IC).
- **4. Deportistas con IAo leve-moderada, FEVI normal y dilatación moderada de VI** (LVESD<50 en hombres, <40 mm en mujeres, <25 mm/m2 en ambos sexos) y tolerancia normal al ejercicio en ergometría, pueden participar en todos los deportes (IIa C).
- **5**. **IAo severa,** FEVI≥50% (estadio C1) y dilatación moderada de VI, pueden participar en deportes de competición si tienen tolerancia normal al ejercicio y ecocardiografía que no indique progresión de su valvulopatía o dilatación severa de VI (IIb C).
- **6. Atletas con IAo y diámetros en aorta ascendente de 41 a 45 mm,** pueden participar en deportes con bajo riesgo de contacto (IIb, C).

- **7. Los atletas IAo severa sintomática (estadio D)**, FEVI <50% (estadio C2) o dilatación severa de VI (>70 mm o 35.3 mm/m2 en hombre, >65 mm o 40.8 mm/m2 en mujeres) no deben practicar deporte de competición (III C).

Válvula aórtica bicúspide

La **válvula aórtica bicúspide** está presente en el 1-2% de la población, es un **marcador de enfermedades del tejido conectivo que afecta a la válvula aórtica y a la aorta.** Estos pacientes tienen riesgo de EAo e IAo y también de dilatación aórtica y disección aórtica, aunque el riesgo de eventos es bastante pequeño, y tampoco se sabe si la restricción de la actividad física limita el riesgo de eventos de dilatación y disección.

Evaluación

Los pacientes **con aorta bicúspide deben realizarse ecocardiografía** para evaluar la función valvular y el tamaño de la aorta en los senos de Valsalva y en la aorta ascendente.

Estenosis Mitral (EMi)

La estenosis mitral, es la **situación en la que se produce una reducción del orificio de apertura de la válvula mitral**, lo que dificulta el flujo diastólico que pasa desde la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo.

La **causa** predominante de la **estenosis mitral es la enfermedad reumática crónica**. Existen otras causas menos frecuentes como la estenosis mitral congénita y la secundaria a enfermedades reumatológicas. Masas auriculares, como trombos, mixoma, vegetaciones, pueden obstruir el orificio mitral y simular una estenosis mitral. La calcificación del anillo mitral sí es importante, puede dificultar la apertura de la válvula y producir estenosis mitral.

La estenosis mitral se suele **desarrollar lentamente tras el episodio de fiebre reumática** aguda y pueden pasar 20-30 años antes de que aparezcan los primeros síntomas.

Al progresar la estenosis mitral, aumenta la presión en la aurícula izquierda, lo que hace que esta se dilate. Posteriormente, aumenta la presión pulmonar, lo que provoca disnea de esfuerzo posteriormente de reposo con ortopnea y finalmente edema agudo de pulmón. La **hipertensión pulmonar produce hipertrofia y dilatación de las cavidades derechas**, lo que finalmente lleva a insuficiencia cardiaca derecha. El estiramiento y separación de las fibras musculares auriculares, da lugar a la formación de focos ectópicos, apareciendo extrasístoles auriculares y, a largo plazo, a fibrilación auricular. La reducción del gasto

cardiaco puede dar lugar a astenia y mareo. Los pacientes con fibrilación auricular pueden referir palpitaciones y molestia precordial atípica. Un **pequeño número de pacientes con estenosis mitral llega a sufrir angina**. El **embolismo sistémico** era otra complicación relativamente frecuente en la estenosis mitral, llegando a producirse en el 20% de los casos, pero ha disminuido drásticamente con la introducción de la anticoagulación y la cirugía valvular mitral.

Desde el punto de vista de la prescripción de ejercicio físico, **la estenosis mitral no forma parte del grupo de cardiopatías con riesgo de muerte súbita**. La sintomatología que presentan estos pacientes les impide desarrollar una actividad física normal. Quedan autoexcluidos de la práctica deportiva sin necesidad de establecer recomendaciones. Pero en caso de estenosis leve-moderada pueden persistir asintomáticos incluso con ejercicio de alta intensidad. En estos pacientes, el incremento de frecuencia cardiaca y gasto cardiaco con el ejercicio provoca un aumento de la presión capilar pulmonar que puede llegar a desencadenar episodios de edema agudo de pulmón. Otro factor para tener en cuenta es el riesgo de fibrilación auricular en grados de EM incluso leves y la consecuente necesidad de anticoagulación que puede limitar la práctica de algunos deportes.

El mecanismo fisiopatológico de la limitación al esfuerzo en la estenosis mitral es la obstrucción del flujo sanguíneo de la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo **(Figura 8)**. Esto provoca un incremento de

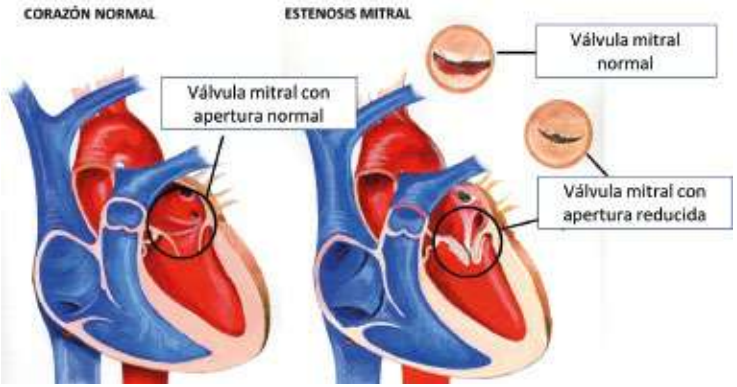


Figura 8. Fisiopatología de la estenosis mitral.

la presión auricular izquierda y retrógradamente de la capilar pulmonar en reposo. Durante el ejercicio el fenómeno es más acusado al reducirse el período de llenado diastólico por la taquicardia.

La **gravedad de la estenosis se valora inicialmente mediante la exploración física, el ECG, la radiografía de tórax.** La ecocardiografía nos permitirá determinar los gradientes valvulares y el área estimada (AVM). La estenosis mitral se clasifica como severa cuando el área valvular es menor de 1 cm2. Debemos tener en cuenta que el gradiente medio es un parámetro muy dependiente del flujo transvalvular y del periodo diastólico, por lo que puede variar mucho con el incremento de FC durante el ejercicio. Un gradiente medio >15 mmHg o presión de la arteria pulmonar PAP >25 mmHg en ejercicio es indicativo de EM significativa. La determinación indirecta de las presiones pulmonares (PAP) mediante ecocardiografía puede ayudar a la toma de decisiones.

Evaluación

La **prueba de esfuerzo es útil** para establecer **el grado de repercusión funcional y comprobar la FC durante el ejercicio**. Una respuesta rápida empeora la capacidad de esfuerzo, de tal forma que se produce disociación entre grado de estenosis y tolerancia al esfuerzo. La **prescripción de un fármaco con propiedades cardio-frenadoras alivia la sintomatología y mejora la tolerancia al esfuerzo**. La medida de la presión sistólica pulmonar con el ejercicio estimada mediante **ecocardiografía de esfuerzo** en cinta o cicloergómetro puede ser muy útil para la toma de decisiones de la actividad que puede realizar de forma segura **(Figura 9)**. Del mismo modo, la

Figura 9. Ecocardiograma de esfuerzo para valoración de la presión sistólica pulmonar.

prueba de esfuerzo con estudio de la función cardiopulmonar (VO_2máx) es útil para determinar con criterios objetivos cuál es el grado de repercusión funcional.

Recomendaciones

- **1.** Los **deportistas con EM** deben ser valorados anualmente para determinar su aptitud para la continuidad de la práctica deportiva (IC).
- **2.** Una **ergometría** en que se alcance al menos el nivel de actividad que desarrollará en competición es útil para confirmar el estado asintomático (IC).
- **3.** Los **atletas con EM leve** (AVM >2,0 cm2, gradiente medio <10 mmHg en reposo), en ritmo sinusal (RS), pueden participar en cualquier deporte de competición (IIa, C).
- **4. Pacientes con EM severa** (AVM <1,5 cm2) no deben participar en deportes de competición, con la posible excepción de aquellos de baja intensidad (clase IA de Mitchell) (IIIC).
- **5. Pacientes con EM de cualquier severidad** con indicación de anticoagulación por FA, no deben participar en deportes de competición con riesgo de contacto físico (IIIC).

Insuficiencia mitral (IMi)

La insuficiencia mitral puede ser causada por diversas anomalías, pero la consecuencia es que **la sangre regresa a la aurícula izquierda durante la sístole, debido a que la válvula mitral no se cierra completamente.**

Actualmente la causa más habitual es el **prolapso mitral** (enfermedad mixomatosa). Otras causas son la enfermedad reumática, la endocarditis infecciosa, las enfermedades del tejido conectivo (como el síndrome de Marfan). Además, existen formas secundarias a la enfermedad coronaria y la miocardiopatía dilatada que condicionan restricción del cierre valvular. Las recomendaciones para el ejercicio físico y el deporte en personas con insuficiencia mitral varían según la causa de la valvulopatía. En los **pacientes con enfermedad coronaria o miocardiopatía dilatada** son estas enfermedades las que condicionan las recomendaciones, más que la propia insuficiencia mitral.

La **IMi se detecta por un soplo sistólico típico**, y es la ecocardiografía quién confirma y gradúa la severidad. La severidad del IM está relacionada con la magnitud de la regurgitación, que produce dilatación del ventrículo izquierdo y aumento

de presión y volumen de la aurícula izquierda. La prueba de esfuerzo con cálculo de parámetros cardiorespiratorios **(VO_2max)** es muy útil para conocer la repercusión sobre la capacidad funcional.

La mayoría de las personas con insuficiencia mitral leve o moderada no tiene síntomas (estadio B). En estos casos, los mecanismos de compensación cardiovasculares son suficientes para mantener un gasto cardiaco adecuado sin un aumento importante de la presión venosa pulmonar, por lo que el individuo no presenta síntomas. Sin embargo, cuando **la insuficiencia mitral se hace severa**, las alteraciones hemodinámicas superan los mecanismos de compensación, lo que lleva a un **aumento de la presión venosa pulmonar, que produce disnea** (dificultad respiratoria), y a reducción del gasto cardiaco. La insuficiencia mitral se tolera mejor que la estenosis y tampoco presenta riesgo de muerte súbita, salvo en casos avanzados con gran dilatación del ventrículo y disminución de la contractilidad.

Dado que el entrenamiento de los **deportistas puede llevar a dilatación fisiológica del ventrículo izquierdo**, puede

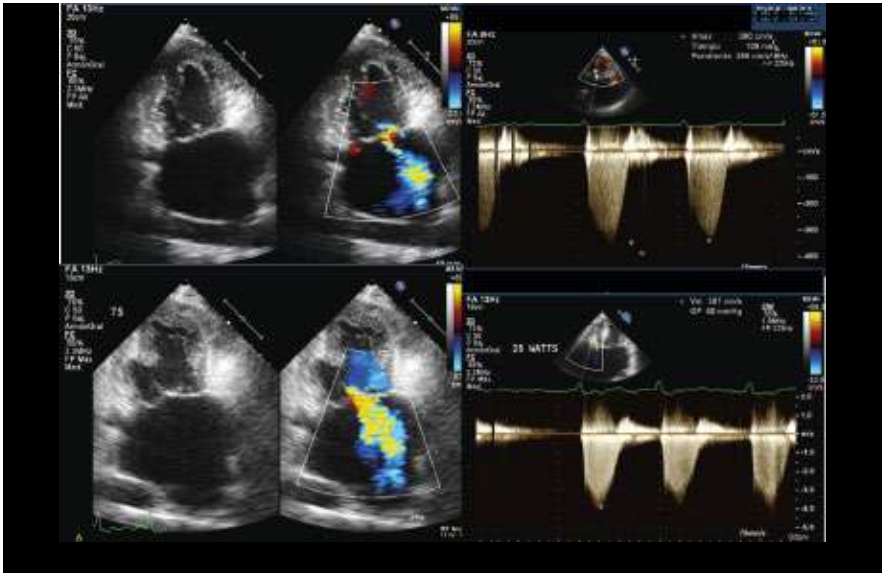


Figura 10. Ecocardiograma de paciente con insuficiencia mitral moderada en reposo con hipertensión pulmonar leve (A,B), con esfuerzo en cicloergometro desarrollo de insuficiencia mitral severa e hipertensión pulmonar severa de 65 mmHg(C,D).

ser difícil valorar la repercusión de la insuficiencia mitral sobre el corazón. Sin embargo, sí el diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo es superior a 60 mm, la insuficiencia mitral es severa y quizás pueda requerir reparación quirúrgica de la válvula mitral, lo cual requiere mayor investigación.

En general, **el ejercicio no produce cambio o leve descenso de la IM por la resistencia vascular sistémica reducida**. Sim embargo en personas con aumento de la frecuencia cardiaca o hipertensión arterial con el ejercicio puede aumentar el volumen regurgitante y la presión venosa pulmonar, ocasionando disnea.

Evaluación

Los deportistas con insuficiencia mitral deberían **someterse a revisiones cardiológicas anuales,** incluyendo ecocardiograma y prueba de esfuerzo a un nivel similar al deporte practicado. El ecocadiograma permite valorar el grado de regurgitación mitral y medir los diámetros ventriculares y la presión pulmonar. Además, la presión sistólica pulmonar durante el ejercicio en cinta o en bicicleta estática **(Figura 10)** puede estimarse de forma no invasiva mediante ecocardiografía doppler, lo que permite tomar decisiones sobre el grado de esfuerzo que el atleta puede realizar con seguridad, particularmente en pacientes con IM severa.

En el **caso especial de los pacientes con insuficiencia mitral secundaria a endocarditis previa o rotura de las cuerdas mitrales, los tejidos de las válvulas y las cuerdas suelen ser más débiles y tienen más tendencia a la rotura, por lo que las recomendaciones en estos casos son más restrictivas.**

Recomendaciones

- **1. Los deportistas con IM** deben ser evaluados anualmente para determinar su aptitud para la participación en competiciones deportivas (IC).
- **2.** Una **ergometría** en que se alcance al menos el nivel de intensidad que desarrollará en competición es útil para confirmar el estado asintomático en pacientes con IMi (IC).
- **3. IM leve-moderada en ritmo sinusal**, con VI de tamaño normal y presión pulmonar normal (estadio B), pueden participar en deportes de competición (IC).
- **4. Deportistas con IM moderada en ritmo sinusal**, función sistólica normal (FEVI >60%) y dilatación leve de VI (DDVI >60 mm

o <35.3 mm/m2 en varones y 40 mm/m2 en mujeres) pueden razonablemente participar en deportes de competición (IIa, C).

- **5. IM severa en ritmo sinusal, función sistólica normal y dilatación leve de VI** (estadio C1), pueden participar en deportes de baja intensidad y algunos de moderada intensidad (clases IA, IIA y IB), (IIb, C).
- **6. Deportistas con IM severa** y dilatación de VI con DDVI ≥65 mm o ≥35,3 mm/m2 en varones o ≥40 mm/m2 en mujeres, hipertensión pulmonar o cualquier grado de disfunción sistólica en reposo no deben participar en deportes de competición, con la posible excepción de aquellos de baja intensidad (clase IA) (IIIC).
- **7. Pacientes en tratamiento anticoagulante por FA** no deben participar en deportes con riesgo de contacto físico (IIIC).

Conclusiones

Las Valvulopatías son un **conjunto muy heterogéneo de alteraciones, que afectan de una u otra manera al funcionamiento cardiaco.**

Es muy recomendable, el **seguimiento por un cardiólogo** de manera periódica, un buen seguimiento de nuestra patología es la mejor garantía de una práctica deportiva segura. Las **herramientas más empleadas** para el seguimiento de la patología valvular así como establecer las recomendaciones de la práctica deportiva se basan en la **ecocardiografía convencional o de esfuerzo y la ergometría.**

El **ejercicio físico**, siempre y cuando se respeten sus indicaciones, es una **herramienta muy eficaz para mejorar la percepción física y mental del sujeto**, disminuye el peso, mejora la vascularización periférica y la oxigenación de los tejidos, previene del fenómeno de la ateroesclerosis, mejora la vascularización cardiaca, remodela las fibras cardiacas, mejora la capacidad de transporte de oxígeno en sangre y el almacenamiento de glucógeno en la fibra muscular.

Sociedades como “La American College of Cardiology” o el “American College of Sports Medicine” abogan por la práctica deportiva razonable en pacientes con valvulopatías.

Arritmias cardíacas y ejercicio físico

El ritmo normal del corazón se denomina **ritmo sinusal**, y se origina con un **impulso eléctrico a nivel del nodo**

sinusal, localizado en la **aurícula derecha del corazón**, desde donde viaja hasta el nodo aurículo-ventricular, situado en la unión de las aurículas con los ventrículos y llega a los ventrículos por el haz de His y el sistema de Purkinje (ver capítulo 1).

Una **arritmia** es una **alteración del ritmo cardiaco** que se puede originar en cualquier nivel del circuito y que puede aparecer tanto en corazones sanos como con enfermedad.

La **frecuencia cardiaca** normalmente oscila entre **60 y 100 latidos por minuto** (lpm). En los pacientes deportistas (en ausencia de signos de cardiopatía) es frecuente la presencia de **bradicardia sinusal,** que se considera fisiológica o normal, con frecuencias cardiacas que oscilan entre los 40 y 60 lpm (incluso menores), debido al incremento del tono vagal promovido por el propio entrenamiento **(figura 11)**. En estos casos, el comportamiento durante el esfuerzo es normal y se produce un incremento de la frecuencia cardíaca **superior a los 120 lpm.** La presencia de una bradicardia sinusal fisiológica no contraindica el deporte.

Hay dos clasificaciones fundamentales de las arritmias. Por su origen, se clasifican en

- **Supraventriculares**, las que se originan en las aurículas o en el nodo aurículo-ventricular
- **Ventriculares**, que se originan en los ventrículos.

Por la **frecuencia cardiaca**,

- **Rápidas o taquicardias,** con frecuencia superior a los 100 lpm y
- **Lentas o bradicardias**, las que presentan frecuencia por debajo de los 60 lpm.

Figura 11. Bradicardia sinusal. ECG con ritmo sinusal a 53 lpm. Resto de trazado normal

Los síntomas que pueden aparecer con la presencia de arritmias incluyen sensación de palpitaciones, **mareo, dolor torácico o pérdida de conocimiento**, pero también pueden pasar inadvertidas y detectarse casualmente cuando se realizan pruebas diagnósticas.

Para poder hacer el diagnóstico de una arritmia, es necesario demostrar la **alteración de la actividad eléctrica cardiaca en un electrocardiograma**. Esto puede dificultar el diagnóstico en aquellas personas que tienen episodios de arritmia de forma paroxística, ya que sólo registra la actividad cardiaca en el momento en que se está realizando.

Otras pruebas útiles son el Holter y la prueba de esfuerzo. El **Holter registra la actividad eléctrica durante un periodo de tiempo más prolongado** (desde 24 horas hasta varios días), permitiendo **detectar episodios de arritmias sintomáticos o que pasan desapercibidos**. Es una herramienta muy útil para la detección de bradicardias extremas y bloqueos de la conducción cardiaca, causa importante de pérdidas del conocimiento. La **prueba de esfuerzo** permite en algunos casos **desencadenar arritmias o ver el comportamiento de las mismas con el esfuerzo**.

Cuando detectamos una **arritmia** es fundamental realizar un **ecocardiograma para estudiar la anatomía y función del corazón**, ya que su comportamiento, su tratamiento y su pronóstico difiere en función de la presencia o ausencia de cardiopatía orgánica.

El tratamiento de las arritmias cardiacas es específico y depende del tipo de arritmia, de su causa y de las características del paciente.

Las **bradiarritmias patológicas**, en ocasiones, **pueden precisar del implante de un marcapasos** para su tratamiento. Las **taquiarritmias** generalmente requieren el **uso de terapias farmacológicas** (que pueden controlar la arritmia reduciendo la frecuencia cardiaca, recuperar el ritmo sinusal y prevenir nuevos episodios).

A veces puede ser necesario realizar una **cardioversión eléctrica** para eliminar la arritmia (administrar un choque eléctrico mediante unas palas que se sitúan sobre el tórax, precisa sedación del paciente).

En algunos casos, es necesario realizar un **estudio electrofisiológico**, que permite diagnosticar las arritmias y tratar algunas de ellas

mediante una **ablación** (que consiste en aplicar corrientes eléctricas sobre las zonas responsables de las arritmias para suprimirlas).

Finalmente, algunos pacientes tienen un riesgo de presentar **arritmias potencialmente mortales**. En estos casos está indicado el **implante de un desfibrilador**, que es un dispositivo que vigila el ritmo cardiaco y es capaz de detectar arritmias malignas y administras descargas eléctricas que eliminan la arritmia.

Dado que muchas arritmias precisan un manejo estrecho por el cardiólogo, una vez detectadas es necesaria una **valoración completa** y la instauración de un **tratamiento individualizado**. Será el cardiólogo quien recomiende en cada caso el abandono o la reintroducción de la práctica deportiva.

A continuación, revisaremos brevemente las recomendaciones sobre la práctica de deporte en pacientes con arritmias cardiacas frecuentes que no contraindican la realización de ejercicio físico.

La **fibrilación auricular** es la **arritmia** cardiaca más frecuente y está presente en alrededor del 1 % de la población. Su incidencia es mayor conforme avanza la edad, con una prevalencia del 10% en mayores de 80 años, pero puede presentarse a cualquier edad. Se debe a la pérdida del control del ritmo por el nodo sinusal, por lo que aparece un ritmo irregular y caótico. Puede aparecer en corazones sanos o con cardiopatía. El diagnóstico de fibrilación auricular es importante e implica una valoración cardiológica completa.

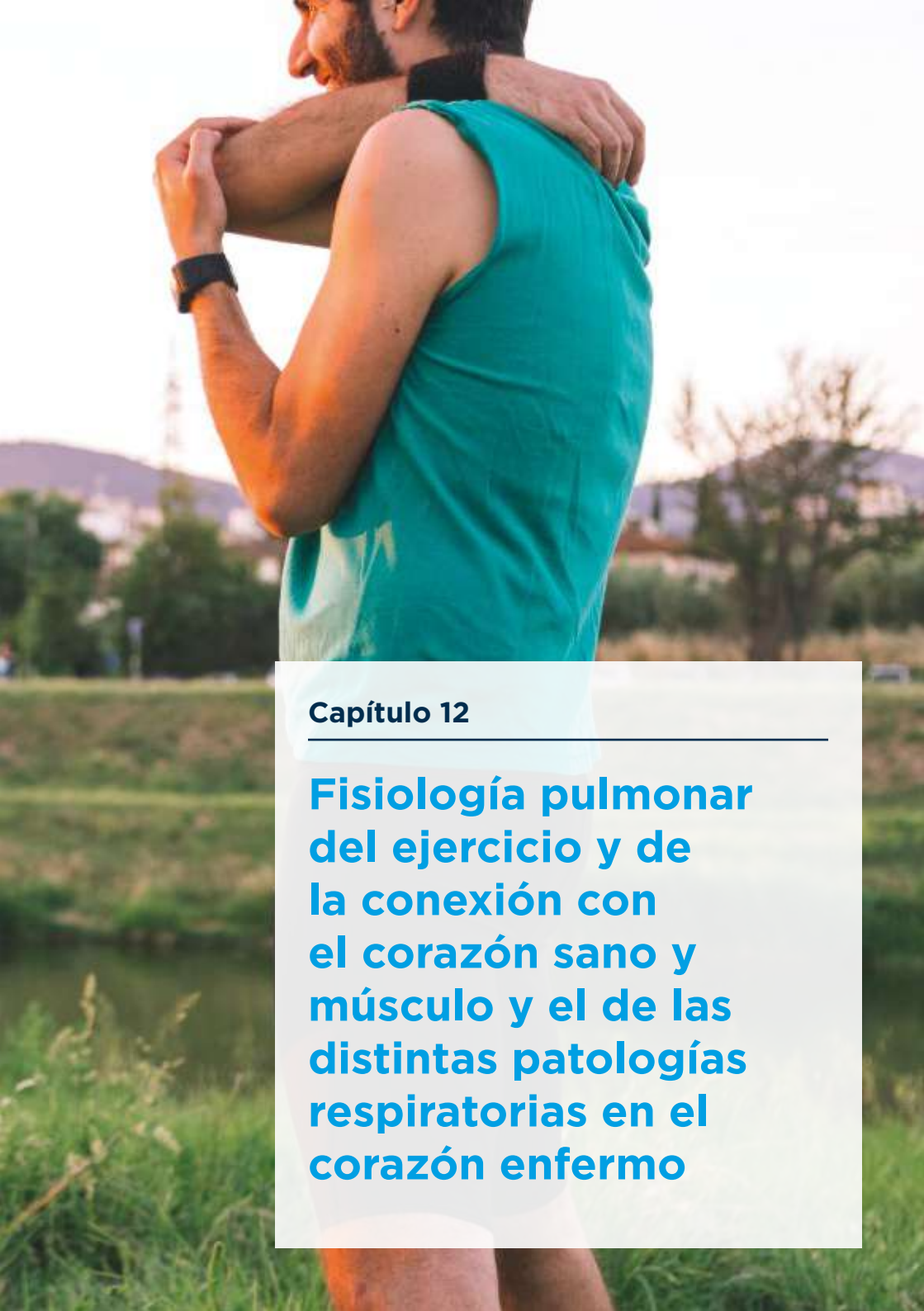
En relación con la práctica deportiva, si el ejercicio es el

estímulo desencadenante del episodio de fibrilación auricular, el cardiólogo puede ofrecer alternativas farmacológicas e intervencionistas al paciente. Si la fibrilación auricular es permanente, los pacientes pueden realizar ejercicio físico, siempre con un buen control de la frecuencia cardiaca. En estos casos, la medición de la frecuencia cardiaca es más difícil, ya que ésta se manifiesta de manera muy irregular, por lo que se recomienda controlar la intensidad del ejercicio mediante las escalas de percepción subjetiva de esfuerzo, como la escala de Börg. Así, los pacientes deben iniciar el entrenamiento a una intensidad 10 u 11 (que corresponde con trabajo entre muy leve y leve) e ir incrementando con el tiempo sin superar nunca el valor 15.

Las taquicardias supraventriculares paroxísticas, en ausencia de cardiopatía, no contraindican la práctica de deporte. Si el ejercicio es el desencadenante, una vez más será el cardiólogo quien ofrezca alternativas terapéuticas.

La extrasistolia ventricular es un hallazgo muy común entre los pacientes estudiados por palpitaciones **(figura 12)**. Lo más frecuente es que no se asocien a una cardiopatía subyacente y desaparecen con el ejercicio (se valorarán mediante una prueba de esfuerzo). En estos casos el comportamiento y pronóstico de estos pacientes es benigno y no tienen ninguna contraindicación para realizar cualquier deporte. Las extrasístoles ventriculares inducidas por el ejercicio o en aquellos pacientes con cardiopatía estructural requieren un manejo individualizado y será el cardiólogo quien recomiende una actitud en relación con el entrenamiento físico.

Figura 12. Extrasistolia ventricular. ECG con ritmo sinusal a 68 lpm. Extrasístole ventricular aislada.



Capítulo 12

Fisiología pulmonar del ejercicio y de la conexión con el corazón sano y músculo y el de las distintas patologías respiratorias en el corazón enfermo

Fisiología pulmonar del ejercicio y de la conexión con el corazón sano y músculo y el de las distintas patologías respiratorias en el corazón enfermo

El eje pulmón-corazón-músculo en el deporte

El pulmón normal

Cuando la atmósfera terrestre pasó de ser reductora a oxidante, el oxígeno (O_2) se convirtió en la mejor forma de almacenamiento de la energía biológica. La **tensión de O_2 en las células** les permite **aumentar la energía disponible para cualquier proceso** (andar, correr), aunque tiene el inconveniente de que produce radicales libres, debido a las formas de oxidación que pueden ser perjudiciales para la salud. Pero las células tienen sus mecanismos de defensa: por ejemplo, las **membranas celulares**, los **mecanismos antioxidantes** y la dificultad en aprovechar el O_2 (ver al final la ruta del O_2), cosa que no es fácil como pudiera parecer, y esto se puede comprobar al ver la diferencia entre el O_2 de la atmósfera (160 mm Hg) y el de las células (0,6 mm Hg).

Además, el **nitrógeno** forma la mayor parte de la atmósfera y es un **gas inerte que suprime la oxidación.**

Cuando vemos una **radiografía de tórax** en una serie de tv, los **pulmones salen negros** y pensamos que son eso que se ve. Sin embargo tienen un **tejido mínimo** en comparación con lo que aparentan: en la radiografía, la mayor parte del volumen sería aire (80%), sólo un 10% correspondería al pulmón y otro

10% a la sangre que circula por él. Pero esta pequeña cantidad de tejido se extiende de una manera formidable hasta llegar a ocupar un área de 130 m^2 y la superficie capilar un 10% menor, lo que hace de él **la mayor membrana biológica del organismo**. Esto implica que tiene que ser un órgano complejo y delicado a la vez.

El **pulmón** tiene **funciones respiratorias y no respiratorias**. Por una parte, **debe aportar al organismo el oxígeno** (O_2) del que vivimos y por otra hacer muchas funciones no respiratorias vitales para la salud, por ejemplo **filtrar las partículas que respiramos cuando hacemos deporte y sustancias de la sangre inconvenientes** (restos de coágulos, células, tejido placentario), eliminar agua y CO_2, este en cantidades muy superiores al riñón, y funciones defensivas ante partículas extrañas y microbios.

Los pulmones forman parte del eje que integran ellos mismos, el corazón, la circulación (arterias, venas y capilares) y en la etapa final, la célula de cualquiera de nuestros tejidos, especialmente el músculo implicado en el deporte del que hablamos en este libro.

El **pulmón** sería la **respiración "externa",** inhala el O_2 del ambiente, de ahí pasa a la circulación pulmonar que **lo manda al corazón**, este **bombea la sangre a todo el organismo** y llega por todos los vasos de nuestro cuerpo a las células, allí están las **mitocondrias** que son la respiración "interna", y lo **transforman en energía** para que lo podamos usar en cualquier actividad de nuestra vida: hablar, reír, comer...y hasta trabajar. Este es el sistema que une "la boca a la mitocondria", de la respiración externa a la interna.

Todos estos componentes tienen que estar **preparados para las condiciones normales y para las más exigentes**, como la enfermedad, la fiebre o el ejercicio. Para ello contamos con una capacidad de adaptación a cada circunstancia extraordinaria, debido a que cada órgano lo está. El pulmón respirando más, el corazón bombeando más sangre y el aparato circulatorio dilatándose o contrayéndose según las necesidades del momento, igual que las mitocondrias aumentan su producción de energía o la disminuyen.

Pero esta respiración de O_2 genera **residuos al pasar por la célula, porque se convierte en CO_2** y hay que eliminarlo del organismo. Para ello, contamos con los pulmones que lo reciben de la circulación y lo expulsan al aire, siendo para esto muy eficaces porque su respuesta es inmediata y expelen el CO_2

al instante. Se dilatan en la inspiración y se contraen en la espiración gracias al diafragma, la bomba mecánica potente y eficaz que abre los mismos, ya que es un músculo en forma de bóveda que funciona como un pistón, sube y baja de forma permanente. Además, le ayudan en su misión otros músculos.

La parte exterior de los pulmones la recubren las **pleuras** y permiten su movilidad, además de **protegerles de la agresión** directa del exterior.

El árbol traqueo-bronquial, es la zona de conducción del aire que se ramifica en conductos cada vez más finos, hasta que llega un momento en que, de las paredes de esas ramas pequeñísimas, salen cada vez más alveolos (como burbujas) hasta que todo son **alveolos**, a eso es a lo que llamamos pulmones, donde se produce el intercambio gaseoso. Es decir, que tenemos una zona de conducción que son la **tráquea y los bronquios**, que no valen para el intercambio gaseoso y otra zona que es pulmón propiamente dicho, que es el que lo realiza. Puede haber entre 300 y 600 millones según la estatura.

Los **alvéolos** se hallan **unidos a los capilares de forma muy íntima para que se produzca el intercambio gaseoso**: aprovechamos el O_2 inspirado y expulsamos el CO_2 producido en las células. La membrana alvéolo-capilar del pulmón es unas **50 veces más fina que una hoja de papel** y es la encargada de **transportar o difundir el O_2** que respiramos y **eliminar el CO_2**, por eso nos beneficia tener un área tan grande para aprovechar el O_2 respirado, cosa que hacemos a gran velocidad, casi en un tercio de segundo ha pasado el O_2 a la sangre y va hacia el corazón. De esta manera, estamos preparados para hacerlo con rapidez en el deporte porque la difusión es casi inmediata.

Igual que la superficie alveolar es inmensa, también lo es la **red capilar** que permite que el **intercambio gaseoso de O_2 y CO_2** sea perfecto. Esto se consigue porque al llegar la sangre a la unión alvéolo-capilar los glóbulos rojos o hematíes que están dentro se ponen en fila india, de a uno, aprovechando cada uno su paso para la obtención del O_2, que se coloca en la hemoglobina que llevan éstos.

No hemos hablado de factores tan simples como **la gravedad,** que hace que las zonas del pulmón estén ventiladas y regadas (perfundidas con la sangre) de forma diferente según estemos de pie o tumbados: en las zonas altas o superiores habrá **alvéolos más abiertos** y en las zonas bajas o inferiores los **vasos tendrán**

más sangre. Esto hace que haya una distribución desigual dependiendo de las zonas y de la postura que tengamos y el intercambio de gases puede variar mucho. Por esto es muy importante una característica del pulmón normal: cuando baja el O_2 que respiramos las arterias del organismo se dilatan, pero las del pulmón se contraen para equilibrar todas estas zonas diferentes y conservar lo más estable que se pueda el O_2 en la sangre.

En el caso de enfermedad, por ejemplo en la **EPOC** (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, producida principalmente por el tabaco), estas **diferencias entre la ventilación y el riego sanguíneo** (la perfusión) son la causa más importante de que baje nuestro O_2.

Aparato cardiovascular

Cuando respiramos, el **O_2** se transporta por los **bronquios a los alvéolos** y allí pasa a la sangre que va a la **aurícula izquierda-ventrículo izquierdo** del corazón. Por lo tanto, la sangre que llega al corazón "izquierdo" representa la mezcla de lo que sale de todos los capilares pulmonares que ya se han oxigenado y está disponible para su transporte a los músculos a través del **aparato cardiocirculatorio** (corazón y arterias).

Una vez que las células han aprovechado el O_2 generan el CO_2, que es la basura, que deberá volver por las venas del organismo, las de la zona superior del cuerpo a la vena **cava superior** y las del resto a la vena **cava inferior**, ambas **derivan en la aurícula derecha-ventrículo derecho** y a los pulmones para su eliminación y "cambio" por el O_2: así vemos que la sangre que llega al corazón derecho representa la mezcla de lo que sale de todos los capilares del organismo y está "contaminada" por el CO_2 y tenemos que limpiarla en los pulmones al atravesar una de las maravillas de la naturaleza que es la **circulación pulmonar.**

Pero los vasos pulmonares son también muy activos; no sólo conducen la sangre. Por ejemplo, el **endotelio vascular pulmonar** -la parte del vaso en contacto con la sangre-, es el de mayor actividad metabólica del organismo y tiene tres funciones que debemos destacar:

- **1.** La sangre fluye toda la vida sin coagularse ni estropearse nada de lo que lleva (proteínas, etc.), no hay membrana sintética que la iguale.
- **2.** Cambia de carácter según lo que circule por la sangre, puede ser indiferente a partículas circulantes o convertirse en un mecanismo defensivo y digerirlas.

- **3.** Las funciones metabólicas, como por ejemplo la eliminación del anhídrido carbónico (CO_2) y las grasas, control de la tensión arterial y otras muchas acciones.

La **circulación pulmonar**, está formada por arterias, venas y capilares como en cualquier parte del organismo, y cumple varios cometidos:

- **Facilitar el intercambio gaseoso para extraer el O_2** del exterior a través de la membrana alvéolo-capilar y
- **Oxigenar al organismo, expulsando el CO_2** al alvéolo y de ahí al aire.

Pero también tiene una **función protectora del corazón,** ya que funciona como un circuito de baja presión, aunque tiene prácticamente el mismo flujo de sangre que la circulación del organismo (sistémica), es como un lago que evita que el corazón se sobrecargue en momentos de esfuerzo intenso como en el deporte o en la enfermedad.

Por ejemplo, para mantener un flujo de 6 litros/ minuto necesita una presión de 20 cm de agua, pero el mismo flujo a través de una pajita de un refresco precisaría "120 cm de agua".

El secreto está en la **composición de la pared del vaso, que en el pulmón tiene poca capa muscular respecto a otras zonas del organismo** y la **pajita es rígida**. Eso hace que el vaso pulmonar se dilate mucho y se acomode a las variaciones del flujo. Por ejemplo, al hacer deporte intenso, podemos pasar a tener un flujo sanguíneo de 25 l/ mn sin aumentar la presión pulmonar. Si los vasos fueran como las pajitas, el flujo aumentaría mucho y harían al corazón derecho insuficiente. Además, en el deporte, se "reclutan" (se abren) vasos y alvéolos que estaban cerrados en reposo para adecuarse a los cambios.

El **flujo de sangre depende** también de lo **inflados que estén los pulmones** porque al coger mucho aire los alvéolos colapsan a los capilares y al revés, al echarlo el flujo de éstos aumentaría de nuevo. Esto nos hace comprender que las condiciones normales (fisiológicas) del engranaje cardiopulmonar son complejas, porque **dependen de muchos factores** que las determinan, hablando sólo del individuo sano. Esto se complica y mucho en el enfermo respiratorio o cardiaco.

La célula muscular

Al hacer deporte todo el O_2 que hemos respirado se conduce por el aparato cardiovascular hacia las **células musculares**.

La hemoglobina, que transporta el O_2 por la sangre de forma casi total (98%), va dentro de los hematíes o glóbulos rojos y es la que transporta el O_2 **desde los pulmones hasta las células musculares.**

Una vez allí le espera en el **citoplasma**, dentro de la célula, **la mioglobina**, una proteína que desarrolla el músculo según la demanda de O_2 de la mitocondria. La **mioglobina es la que transporta el O_2 hasta las mitocondrias para que lo conviertan en energía**, mediante reacciones químicas complejas que generan basura, que es el CO_2. Esta mioglobina es una **proteína capaz de unirse a cantidades tan pequeñas como llegan al músculo**, ver al principio la diferencia del O_2 en el aire (160 mm Hg) y en la célula (0,6 mm Hg)

Las **mitocondrias** (responsables de la respiración interna para que el músculo aproveche el O_2), **suponen el mayor área de superficie en el camino de la difusión del O_2**.
Las mitocondrias son un pequeño y muy numeroso laboratorio interno que aprovecha nuestra energía (O_2) y la convierte en CO_2.

Están formadas por 1000-1500 proteínas diferentes y **en cada tejido pueden desempeñar funciones distintas** a las que vemos en el músculo (por ejemplo, en las glándulas suprarrenales producen esteroides y en la médula ósea el grupo "hemo", que es el que transporta la hemoglobina dentro de los hematíes).

¿Cuánto ejercicio podemos hacer? Cuanto más ejercicio de larga duración (aeróbico) hagamos, el organismo fabricará más mitocondrias. Si hacemos vida sedentaria, ¿para qué las queremos? El límite al consumo de O_2 es directamente proporcional a la cantidad de mitocondrias disponibles y la longitud de los capilares del músculo está en relación directa con el volumen de mitocondrias; Es decir que, en el músculo, el suministrador de O_2 (capilares) y el consumidor de O_2 (mitocondrias) están en relación directa con el consumo de O_2 durante el ejercicio.

La ruta del O_2

Hemos dicho al principio que no es fácil aprovechar el O_2 que respiramos. La explicación está en la ruta del O_2. Mientras respiramos **aire el O_2 llega a nuestros alvéolos** y **atraviesa** el **capilar pulmonar**, donde se **introduce dentro de los glóbulos rojos**. Este paso es fácil, pero luego tiene que entrar, dentro de los glóbulos rojos, en la estructura de la hemoglobina y esto cuesta más, a pesar de que hemos visto que la difusión es rapidísima.

Una vez **unida a la hemoglobina**, se **transporta con ella hacia los tejidos y va donando O_2** a los mismos. Cuando llega a los músculos la presión de O_2 es ya muy baja y necesita una molécula que facilite el camino a la mitocondria: aquí aparece la **mioglobina que se lo lleva y finaliza el ciclo una vez en el interior de la mitocondria**. Por todo ello, vemos que la oxigenación no es tan fácil como parece y esto también nos protege de un exceso de los radicales libres que produce la misma.

En el organismo enfermo o en el ejercicio intenso todos estos pasos se tienen que acelerar para suplir las demandas de O_2 del organismo.

Fisiopatología pulmonar del ejercicio y de la conexión con el corazón en distintas patologías respiratorias. EPOC.

Una vez descrita con detalle la fisiología cardiopulmonar durante el ejercicio en un corazón y pulmón sanos, sin patologías que impidan su correcto funcionamiento, es necesario conocer qué es lo que ocurre en **casos de enfermedades respiratorias crónicas**, así como su influencia en el corazón enfermo.

Disnea

La disnea puede definirse como **sensación subjetiva de falta de aire o "ahogo"**, y cuando aparece en relación con el ejercicio, podría describirse como una percepción de malestar al respirar que aparece con un nivel de actividad que, en condiciones normales, no debería causar ese tipo de malestar.

Por lo tanto, la disnea es uno de los síntomas más frecuentes de los pacientes que padecen enfermedades cardiopulmonares y consideramos que es necesario **evaluarla de forma minuciosa por diferentes razones**.

Es un motivo habitual de **búsqueda de atención médica** por parte de los pacientes. Suele progresar a medida que la enfermedad avanza y puede afectar hasta la mitad de los pacientes con patologías crónicas.

Guarda una relación estrecha con la calidad de vida percibida y la **intolerancia al ejercicio**, conduciendo en muchas ocasiones a un círculo vicioso, que se caracteriza por evitar realizar dicha actividad física, con la consecuente pérdida de

masa muscular y de capacidad funcional respiratoria.

Otro punto a destacar acerca de la disnea, es que se considera un **factor predictivo de mortalidad** en diversas patologías como se describirá posteriormente.

Por todo ello, conocer la fisiología cardiopulmonar en situaciones patológicas resulta fundamental de cara a poder identificar los factores que hayan podido causar la aparición de la disnea, con el objetivo de manejarla y tratarla lo mejor posible.

Podríamos resumir que la disnea es fruto de la relación entre dos mecanismos:

- Unos **componentes sensoriales de calidad e intensidad** que conducen información a través del sistema nervioso hacia el cerebro, relativa a las alteraciones respiratorias que se estén produciendo, y
- Otro mecanismo que podríamos denominar **"afectivo"** que identifica estas sensaciones como "desagradables".

Hay diferentes métodos para cuantificar o evaluar esta disnea percibida por el paciente, tanto su intensidad como su naturaleza. La **prueba de esfuerzo cardiopulmonar**, realizada en bicicleta bajo monitorización continua y con incrementos progresivos de carga, es la más validada a nivel científico y nos permite entender los mecanismos que subyacen a la disnea durante el ejercicio, así como ayudar a identificar otros mecanismos no relacionados o independientes de la enfermedad que, a priori, es la causante de los síntomas.

Sabemos que durante el ejercicio, **nuestra respiración se adapta a las demandas de los músculos y del sistema cardiovascular.**

Antes de explicar qué es lo que ocurre en pacientes con patologías crónicas, es necesario saber que en los sujetos sanos la reserva del aparato respiratorio está conservada en condiciones normales, y el ejercicio desempeñado está limitado por alcanzar la máxima capacidad del aparato locomotor o del cardiovascular, por lo que **la fatiga muscular suele ser la causa de interrumpir el ejercicio**, siendo la disnea proporcional al aumento de la ventilación por minuto, que depende del esfuerzo de las contracciones de los músculos que intervienen en la mecánica respiratoria.

En estos casos, más que disnea, podríamos hablar de **sensación intensificada de esfuerzo o trabajo respiratorio**, ya que dicha sensación representa una **respuesta ventilatoria esperada a un esfuerzo de alta intensidad**.

Pasamos de la fisiología en la salud a las consecuencias clínicas en las patologías cardiopulmonares. En los pacientes con las enfermedades que se van a describir a continuación, frecuentemente existe una **limitación durante el ejercicio, en comparación con sujetos sanos de la misma edad, mostrando mayor disnea con determinados niveles de carga de trabajo, ventilación por minuto y consumo de oxígeno.**

EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica)

Comenzamos con la **EPOC**, que se caracteriza por unos **síntomas respiratorios y una limitación al flujo aéreo persistentes**, que son consecuencia de las anomalías en la vías respiratorias, causadas por la exposición prolongada a partículas nocivas (fundamentalmente secundarias al tabaquismo), sumado a la predisposición genética del individuo a desarrollar la enfermedad, así como a otros factores.

Al ser con diferencia **el tabaco el principal factor de riesgo**, se considera que es una **enfermedad prevenible y tratable**. Es un importante reto de salud pública y, ni mucho menos, compete sólo al ámbito de la Neumología, ya que se estima que en menos de cinco años se convertirá en la tercera causa de muerte a nivel mundial.

Esto nos debe dar una idea de la dimensión del problema al que nos enfrentamos.

Pues bien, los pacientes con esta enfermedad **perciben un mayor esfuerzo o trabajo durante la actividad física**, que refleja la **mayor demanda ventilatoria requerida para una tarea dada, en comparación con personas sin EPOC.**

Otra explicación a la disnea percibida, serían las consecuencias fisiológicas negativas de las **alteraciones de la anatomía que se van desarrollando en el tiempo** en la vía aérea (bronquios, bronquiolos…) y en los propios pulmones, como ocurre en la **bronquitis crónica** y en el **enfisema pulmonar** respectivamente.

La **mucosa de los bronquios se inflama** y en aquellos de menor tamaño o calibre, acaba aumentando la resistencia con la que el aire puede llegar o salir de ellos. Todo ello **conduce a una limitación a la hora de realizar la respiración** (limitación de los flujos espiratorios).

Lógicamente, cuando realizamos un **ejercicio vigoroso** n**ecesitamos incrementar la frecuencia**

respiratoria, el tiempo que dedicamos tanto a la **inspiración como a la espiración es más corto**, y en el caso de un paciente con EPOC que tenga una limitación para la espiración, se produciría un progresivo aumento del "aire atrapado" que "falta por eliminar", lo que conduce al término conocido como hiperinsuflación pulmonar dinámica. Como consecuencia de la misma, además, se producen **alteraciones sobre el tórax** (caja torácica) y los **músculos que intervienen en la inspiración.**

A un **paciente con EPOC** dichas inspiraciones le suponen un **esfuerzo mucho mayor,** ya que no sólo **debe vencer la elasticidad del pulmón**, sino también la de la caja torácica, influido entre otras cosas por el acortamiento, aplanamiento y debilidad del músculo del diafragma, que pierde la capacidad de generar una tensión adecuada y condiciona una menor capacidad de expansión de la que disponen los individuos sanos.

La **hiperinsuflación pulmonar dinámica puede evaluarse de forma indirecta mediante una espirometría** (prueba sencilla para medir la función pulmonar y diagnosticar una EPOC, entre otras patologías) o de forma mucho más precisa mediante otra prueba de laboratorio como es la **pletismografía** (similar a la espirometría, pero llevada a cabo en el interior de una cabina a una determinada presión y realizando diferentes maniobras de respiración según se vaya indicando).

Es aquí donde los **tratamientos broncodilatadores**, comúnmente conocidos como "**inhaladores**", ejercerían su efecto y beneficio clínico en los pacientes con enfermedades obstructivas de la vía aérea; no solo en la EPOC como hemos descrito, sino también en el asma bronquial que **desarrolla con el tiempo una obstrucción bronquial crónica al flujo aéreo**, en casos de bronquiectasias (dilataciones anormales de los bronquios con distorsión de su anatomía) y fibrosis quística, entre otros.

Estos **broncodilatadores** (como salbutamol, formoterol, bromuro de ipratropio…) **aumentan la capacidad inspiratoria**, tienen efecto sobre los flujos respiratorios y ejercen su principal función reduciendo la magnitud de la hiperinsuflación pulmonar dinámica antes explicada, y así, **mejoran la tolerancia al ejercicio**.

Tiene sentido que estas sustancias, que aumentan el rendimiento por los motivos anteriores, no estén permitidas en el deporte profesionalizado a dosis que

superen lo establecido por los organismos reguladores. Sólo un diagnóstico certero de una patología concreta (por ejemplo, asma bronquial) permitiría el uso de estos fármacos con un rango de dosis determinado.

No solo los broncodilatadores han demostrado su beneficio clínico en estos casos de hiperinsuflación dinámica, sino que también **la aplicación de oxigenoterapia** durante el ejercicio en casos de enfermedades graves o avanzadas que cursan con insuficiencia respiratoria, o el uso de ventilación mecánica no invasiva (BiPAP) **consiguen disminuir la disnea, aumentar la tolerancia y el tiempo de ejercicio**, mediante la prolongación del tiempo respiratorio y la reducción de la frecuencia respiratoria, entre otros factores.

Otro aspecto que resulta importante destacar, independientemente de que se haya desarrollado o no una **obstrucción bronquial crónica**, es el **efecto del consumo de tabaco** sobre la ventilación pulmonar durante el ejercicio.

Se sabe que fumar disminuye el fuelle o aliento con los esfuerzos. Esto es así por muchas razones.

En primer lugar, **la nicotina produce constricción de los bronquiolos terminales** (los de menor calibre), lo cual aumenta la resistencia al paso del aire que entra y sale de los pulmones.

En segundo lugar, **los efectos irritantes del humo del tabaco aumentan las secreciones bronquiales, y causan cierta inflamación del epitelio que recubre la mucosa de los bronquios.**

Además, la nicotina **paraliza los cilios que existen en la superficie de las células epiteliales respiratorias** y que, normalmente, tienen la función de barrer o eliminar continuamente hacia el exterior el exceso de líquidos o de partículas extrañas alojadas en el aparato respiratorio.

Al fallar estos cilios, o llamémosles “cepillos depuradores”, **se acumulan muchos residuos en la vía aérea y eso aumenta la disnea percibida**. Sumando todos estos factores, incluso un fumador ligero-moderado puede sentir con cierta molestia el esfuerzo respiratorio que debe hacer para realizar un ejercicio máximo y su rendimiento, en consecuencia, puede disminuir.

En el caso de los **fumadores crónicos o que han desarrollado una obstrucción crónica al flujo aéreo** (EPOC) estos efectos **son mucho más**

graves, como se ha explicado anteriormente con detalle.

Fibrosis Pulmonar

Otro subgrupo heterogéneo de enfermedades que merece la pena mencionar, por la gran limitación que tienen los pacientes que las padecen a la hora de realizar cualquier ejercicio de leve o moderada intensidad, son las enfermedades pulmonares intersticiales; es decir, aquellas en las que existe, por lo general, **un engrosamiento del intersticio** (para entendernos, la estructura de soporte de los alveolos, los saquitos de aire en el interior de los pulmones donde se intercambian los gases).

Esta inflamación del intersticio, que puede conducir incluso a una **fibrosis**, es la responsable de que al oxígeno le cueste mucho difundir desde los alveolos hacia la sangre, y esto se manifiesta en forma de una disnea de esfuerzo muy marcada por lo general.

Por otra parte, esta "rigidez" de los pulmones, hace que **se expandan peor y que la capacidad pulmonar total disminuya de forma notable**, además de sobrecargar de trabajo a los músculos que se encargan de la inspiración. De esta forma, el paciente se ve forzado a **desarrollar un patrón de respiración rápida, superficial**, y, evidentemente, menos efectiva. De entre todas las enfermedades intersticiales existentes, quizás el mejor ejemplo sea la **fibrosis pulmonar idiopática.**

Conexión pulmón-corazón enfermos

Sabemos que el **aparato respiratorio y el circulatorio están estrechamente relacionados**, y que un **deterioro en alguno de ellos**, tiene claras **consecuencias sobre el otro**, fundamentalmente a medio-largo plazo. La evidencia en la literatura sobre los efectos en el corazón de las enfermedades pulmonares crónicas, y viceversa, es infinita. Cabe destacar algunos puntos

importantes para al menos ser consciente de su repercusión.

Ya que hemos descrito, en cierta forma, las características de la EPOC, sabemos que además se asocia con mucha frecuencia con **la insuficiencia cardíaca en la práctica clínica diaria**. El hecho de que ambas coexistan, es un dato de alta morbilidad y de mal pronóstico.

En algunos casos, podríamos decir que, aproximadamente uno de cada cuatro pacientes con insuficiencia cardíaca tiene EPOC también, y al contrario, uno de cada cinco pacientes con EPOC, tiene insuficiencia cardíaca.

Se ha observado frecuentemente que existe un mal funcionamiento del ventrículo izquierdo que, a través de la arteria aorta, es el que se encarga en mayor medida de eyectar la sangre hacia todo el torrente sanguíneo. También se ha podido comprobar que el riesgo cardiovascular en pacientes con EPOC moderada-grave es más elevado, es decir, tienen más opciones de desarrollar una **cardiopatía isquémica** (por ejemplo, infarto agudo de miocardio, angina de pecho…).

Todo ello, podría explicarse porque ambas enfermedades (EPOC e insuficiencia cardíaca) **tienen factores de riesgo en común como pueden ser el tabaquismo**, la **edad avanzada** y una situación de **inflamación sistémica** (presencia de factores/ sustancias inflamatorias en el organismo) que con el tiempo podría inducir una arteriosclerosis, en otras palabras, obstruyendo las arterias coronarias de forma progresiva hasta que se establezca la mencionada cardiopatía isquémica.

También es común que pacientes con EPOC avanzada desarrollen una **hipertensión pulmonar** o, para entendernos, un aumento de la **presión en la arteria pulmonar** que es la responsable de evacuar la sangre desde el ventrículo derecho. Precisamente este último, puede hacerse insuficiente con el tiempo, y acabar produciéndose una insuficiencia cardíaca derecha.

Teniendo en cuenta que tanto EPOC como insuficiencia cardíaca comparten síntomas y signos (fatiga, disnea de esfuerzo, baja saturación de oxígeno…), hay que tratar de **identificar aquellos que sean propios de cada una de ellas**, complementando esta **información con pruebas** entre las que se incluyen el electrocardiograma, la radiografía simple de tórax, el ecocardiograma transtorácico, analítica con marcadores específicos como el pro-BNP

(péptido natriurético), pruebas de función pulmonar como la espirometría, gasometría arterial...

Es por ello que debemos tener siempre en cuenta que la **disnea** referida por un individuo **puede atribuirse a múltiples causas**, y estamos obligados a realizar una **anamnesis adecuada,** preguntando al paciente todo lo que se considere oportuno para intentar llegar a la conclusión de que se trata de una patología de origen neumológico, cardiológico, o incluso mixto, ya que en este último caso, si se diagnostican en una fase temprana nos permite optimizar la situación y así intentar disminuir las complicaciones que pueda conllevar.

Síndrome de apnea-hipopnea del sueño

El síndrome de apnea-hipopnea del sueño (SAHS) es una **enfermedad producida por episodios repetidos de obstrucción de la vía aérea superior durante el sueño**, provocando un cuadro de somnolencia excesiva, trastornos cognitivo-conductuales, respiratorios, cardiacos, metabólicos e inflamatorios secundarios.

Es una enfermedad muy prevalente en la población, siendo más frecuente en personas obesas, hombres y ancianos, tendiendo a igualarse entre sexos tras la menopausia. **Otras variables** que influyen en la aparición o su agravamiento son el alcohol, tabaco, sedantes, hipnóticos y barbitúricos, y la posición en decúbito supino (boca arriba).

En España entre el 3 y el 6% de la población padece un SAHS sintomático y de ellos, entre el 24 y el 26% un SAHS de grado grave, siendo actualmente una enfermedad infra-diagnosticada. Además, se ha demostrado que **los pacientes no diagnosticados duplican el consumo de recursos sanitarios con respecto a los diagnosticados y tratados.** Por todo ello, se considera el SAHS un problema de salud pública de primera magnitud.

Se debe sospechar en personas con ronquido estruendoso y persistente, presencia de apneas durante el sueño (episodios sin respirar de segundos de duración), sueño no reparador, excesiva somnolencia diurna, episodios de despertares con sensación de asfixia nocturnos, sueño fragmentado, aumento de la cantidad de micciones en la noche, personas obesas, con arritmias y con hipertensión arterial de difícil control.

El **diagnóstico se realiza mediante un estudio polisomnográfico** (PSG) consistente en un **registro continuo de la actividad cerebral, movimientos oculares, torácicos y abdominales, flujo aéreo nasobucal, pulsioximetría, electrocardiograma y ronquido.** Debe realizarse en horario nocturno (o en el habitual de sueño del paciente), con un registro no menor de 6,5 horas y debe incluir por lo menos 3 horas de sueño.

La PSG es una técnica relativamente cara, laboriosa y técnicamente compleja, por lo que se han desarrollado equipos portátiles que registran solamente las variables respiratorias, denominado **poligrafía respiratoria**.

Estos estudios miden, entre otros, el **número de obstrucciones totales** (apneas) o **parciales** (hipopneas) de la vía aérea, que se producen durante el sueño, obteniéndose un índice de **apnea-hipopnea** (IAH), que informa del número de eventos que se han producido de media en cada hora de registro. **Un IAH mayor de 5 eventos por hora es diagnóstico de SAHS.**

El tratamiento de base se fundamenta inicialmente en **conseguir una buena higiene del sueño**, ya que la causa más frecuente de somnolencia excesiva durante el día es el mal hábito de sueño, por insuficiente o por irregular.

Otras medidas a considerar son la **abstinencia de alcohol** y tabaco, evitación de benzodiacepinas y otros inductores del sueño, y el dormir en posición decúbito supino.

La **pérdida de peso en pacientes obesos** puede ser curativa. Reducciones del 10% del peso pueden disminuir el IAH y mejorar la sintomatología.

En los pacientes con un IAH entre 5-15 con síntomas que limiten su vida diaria (como somnolencia excesiva, cansancio), profesión de riesgo (conductores profesionales, personas que manejan maquinaria pesada, etc.) o alguna enfermedad cardiovascular, o en aquellos con un IAH mayor de 30, el tratamiento a considerar es la CPAP.

La **CPAP** (siglas en inglés de Continuous Positive Airway Pressure) es un **dispositivo que administra,** a través de una máscara, **aire ambiente a presión en la vía aérea superior durante el sueño, venciendo así las obstrucciones y permitiendo el correcto paso del aire a los pulmones durante el sueño.**

La presión a la que se debe indicar la CPAP es

individualizada, existiendo varios métodos para su determinación (auto-CPAP, PSG con CPAP, fórmulas matemáticas) y siendo recomendable su reajuste en caso de no mejoría del cuadro. El cumplimiento mínimo que se asocia a una clara mejoría de síntomas es de 3,5 horas en la noche.

Existen otras alternativas en casos muy seleccionados, como el **dispositivo de avance mandibular** (DAM), que puede ser eficaz en el tratamiento del ronquido simple, del SAHS leve y moderado con bajo índice de masa corporal (pacientes delgados), y en pacientes que no toleran la CPAP que no son candidatos a la cirugía. En cuanto al **tratamiento quirúrgico** (cirugías nasal, palatofaríngea, reductora de la base de la lengua y multinivel o en fases de Stanford) **quedan reservadas para casos con anatomías de la vía aérea superior determinadas e intolerancia o no mejoría con CPAP.**

El SAHS está relacionado con mayor probabilidad de parecer numerosas complicaciones cardiovasculares, como son:

- **Hipertensión arterial (HTA).** Un 50% de pacientes con SAHS son hipertensos y un 80% de pacientes con hipertensión resistente tienen SAHS. Existe relación directa entre la gravedad del SAHS y la probabilidad de hipertensión y el SAHS es un factor causal de HTA. La CPAP reduce de forma significativa la TA principalmente en pacientes con SAHS grave, hipertensos y con buena cumplimentación de CPAP.
- **Insuficiencia cardíaca (IC).** La presencia de IC en pacientes con SAHS es superior al 10%. El conjunto de estudios disponibles indican una mejoría significativa en la función del corazón, reducción en el número de hospitalizaciones y aumento de la supervivencia en pacientes con IC y SAHS que toleran y usan la CPAP.
- **Arritmias.** La presencia de todo tipo de arritmias, especialmente la fibrilación auricular (FA) está aumentada en pacientes con SAHS. El tratamiento con CPAP en pacientes con SAHS y FA revertida por cardioversión, disminuye la probabilidad de que reaparezca la FA.
- **Cardiopatía isquémica (CI),** tipo infarto de miocardio. Se ha demostrado la existencia de una asociación entre el grado de SAHS y la probabilidad de padecer CI.
- **Ictus.** Estudios epidemiológicos indican

que la probabilidad de padecer ictus en pacientes con SAHS es de 1,6 a 4,3 veces respecto a sujetos sin SAHS.

Asimismo, el **SAHS también influye en otras patologías y su control, tales como EPOC**, **asma o diabetes**. Se continúa investigando en las posibles consecuencias en el resto del organismo, estando en auge descubrimientos en la relación entre el SAHS y numerosas otras enfermedades.

Oxigenoterapia domiciliaria

La oxigenoterapia es el **uso terapéutico del oxígeno a concentraciones mayores de las que se encuentran en el aire ambiente**, con la intención de tratar o prevenir las manifestaciones del insuficiente aporte de oxígeno en el organismo.

La función principal del aparato respiratorio consiste en **mantener un adecuado intercambio pulmonar de gases entre la atmósfera y el organismo**.

El parámetro que utilizamos para evaluar la función pulmonar y medir la oxigenación arterial es la **presión parcial de oxígeno en sangre arterial** (PaO_2), que se mide en sangre procedente de una arteria (técnica conocida comúnmente como gasometría arterial).

Cuando la PaO_2 en sangre arterial se encuentra **por debajo de los límites normales** para la edad del paciente (suele considerarse por debajo de 80 mm Hg), se denomina **hipoxemia**. Se considera **insuficiencia respiratoria, si este valor baja de 60 mm Hg**, lo que indica una función pulmonar insuficiente en el intercambio gaseoso de oxígeno.

Como técnica alternativa se puede emplear la **pulsioximetría**, **que es simple e indolora, utilizando un dispositivo llamado pulsioxímetro**. Se acepta como valor orientativo de insuficiencia respiratoria una saturación arterial de oxihemoglobina (SpO_2) inferior al 90%. Los valores de la SpO_2 son mucho más variables que los de la PaO_2, pueden estar influidos por factores extrapulmonares y no aportan información sobre otros valores disponibles en una gasometría.

Cuando un paciente presenta valores disminuidos de PaO_2 en sangre, es decir, tiene **hipoxemia** o **insuficiencia respiratoria**, se produce una **disminución de aporte de oxígeno a las células**, lo que se conoce como hipoxia. Esta hipoxia hace que **las células del organismo no**

puedan obtener energía que necesitan para funcionar correctamente. Los diversos órganos muestran distintos grados de susceptibilidad a la hipoxia, dependiendo de la relación entre su actividad metabólica, su flujo sanguíneo y las posibilidades del órgano de modificar estos factores en caso de necesidad.

Además de la insuficiencia respiratoria por mal funcionamiento del aparato respiratorio, existen otras posibles causas de hipoxia, como pueden ser **anemia, intoxicación por monóxido de carbono, hipoventilación alveolar, sangrado importante, insuficiencia cardiaca, fiebre alta, ejercicio muscular intenso**, entre otras.

Las indicaciones de oxigenoterapia domiciliaria proceden de estudios realizados en paciente con EPOC, que son antiguos y con pocos pacientes, por lo que se sigue investigando sobre las indicaciones en las diferentes enfermedades. Actualmente, se indica en aquellos pacientes que presenten PaO_2 en reposo menor o igual a 55 mm Hg o PaO_2 en reposo entre 56-59 mm Hg con evidencia de daño en algún órgano por disminución del aporte de oxígeno, como alteraciones sanguíneas (número elevado de glóbulos rojos), arritmias o insuficiencia cardiaca.

Una vez realizada la **indicación de oxigenoterapia**, se recomienda su **reevaluación al mes o los 2 meses de la prescripción**, para verificar el cumplimiento, comprobar que el paciente continúa sin fumar y evaluar su impacto clínico, tanto en percepción de beneficio subjetivo como en efecto sobre la calidad de vida del paciente.

Además, se recomienda realizar una **gasometría con el flujo de oxígeno prescrito** para verificar que permite mantener una PaO_2 por encima de 60 mm Hg.

Las **enfermedades que más frecuentemente requieren de oxigenoterapia** por desarrollar insuficiencia respiratoria en su evolución son:

- **EPOC:** La oxigenoterapia es la única intervención, además de la supresión del tabaquismo, que reduce la mortalidad en pacientes con EPOC. Además, disminuye la insuficiencia cardíaca derecha originada por esta enfermedad sobre el corazón, mejora la función neuropsicológica y aumenta la tolerancia al ejercicio y la capacidad para realizar actividades de la vida cotidiana. La administración de oxígeno corrige la hipoxemia solo durante su aplicación, sin efecto residual. Cuando se suprime el aporte suplementario de oxígeno, reaparece la hipoxemia, por lo que para obtener un efecto sostenido es necesario prolongar el tiempo de administración durante más de 15 h al día. Está indicada en pacientes con EPOC con PaO_2 en reposo ≤ 55 mm Hg o PaO_2 en reposo entre 56-59 mm Hg con evidencia de daño orgánico por insuficiente aporte de oxígeno.
- **HIPERTENSIÓN PULMONAR:** En estos pacientes se indica oxigenoterapia continua si la PaO_2 es menor de 60 mm Hg, tratando de mantener una SpO_2 por encima del 90%. La oxigenoterapia durante el ejercicio se puede considerar cuando existe evidencia de beneficio en los síntomas del paciente al corregir la SpO_2 durante el esfuerzo.
- **ENFERMEDAD PULMONAR INTERSTICIAL DIFUSA:** La hipoxemia en reposo y la disminución de la SpO_2 durante el ejercicio en pacientes con fibrosis pulmonar idiopática (u otras enfermedades intersticiales que evolucionen en fibrosis pulmonar), constituyen factores de mal pronóstico. Además, la oxigenoterapia podría atenuar el componente de hipertensión pulmonar originado por la propia enfermedad intersticial y ayudar a mejorar la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida de estos enfermos. Sin embargo, no se ha demostrado que la administración de oxígeno mejore la supervivencia de estos pacientes. A falta de datos específicos, se recomienda la oxigenoterapia ante la confirmación de

insuficiencia respiratoria en reposo (PaO_2 <60 mm Hg) o disminución de la SpO_2 durante el ejercicio.

- **INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA:** en pacientes con insuficiencia cardíaca, donde la función del corazón se encuentra disminuida, en asociación con alteraciones en el patrón de la respiración durante el sueño, se recomienda considerar la oxigenoterapia nocturna en ausencia de otras causas de insuficiencia respiratoria, si persiste la insuficiencia respiratoria una vez verificada la corrección de las alteraciones durante el sueño, y utilizarla preferiblemente asociada a ventilación mecánica (CPAP), si existe indicación.
- **HIPOXEMIA EN EL EJERCICIO:** Pacientes con una PaO_2 basal superior a 60 mm Hg pueden desarrollar hipoxemia grave durante el ejercicio. Puede ser identificada por alcanzar una SpO_2 menor del 88% sostenida durante al menos 2 min en un test de la marcha de 6 minutos. La reversión de la hipoxemia en ejercicio mediante oxigenoterapia mejora el aporte de oxígeno al resto de órganos, disminuye la frecuencia respiratoria y mejora la función del corazón. La administración de oxígeno durante el ejercicio a pacientes en los que disminuye la SpO_2 origina un beneficio a corto plazo, con aumento de su tolerancia al ejercicio y reducción de la disnea. Sin embargo, no se ha demostrado que la oxigenoterapia modifique su supervivencia. Puede permitir aumentar la intensidad de esfuerzo y disminuir la disnea y, por tanto, facilitar la rehabilitación, cuya eficacia está sobradamente demostrada. Por todo ello, se recomienda considerar la administración de oxígeno durante el ejercicio en pacientes en los que disminuya la SpO_2 en ejercicio incluidos en programas de rehabilitación, para aumentar la duración e intensidad del entrenamiento.

Existen otras enfermedades y situaciones en las que se desarrolla insuficiencia respiratoria y en las que se indica oxigenoterapia, aún sin estudios consistentes que apoyen su indicación, como puede ser disnea secundaria a cáncer, afectación pulmonar por alteraciones en el hígado o algunos dolores de cabeza (cefalea en racimos).

Capítulo 13

Estilos de vida saludables de la población activa y deportiva además del ejercicio

Alimentación, Tabaco, Alcohol, Drogas, Fármacos, Sueños, etc.

Estilos de vida saludables de la población activa y deportiva demás del ejercicio

Alimentación, Tabaco, Alcohol, Drogas, Fármacos, Sueños, etc.

Alimentación

Las enfermedades cardiovasculares son la causa del 50% de las muertes en los países industrializados por lo que la modificación de los hábitos de estilo de vida, en especial de la alimentación, es fundamental para su prevención.

El **sobrepeso** y la **obesidad** son **factores que aumentan la incidencia de patologías** como la enfermedad cardiovascular, diabetes, hipertensión y cáncer, entre otras.

Entre las recomendaciones de la OMS para una dieta saludable se encuentran: la **limitación de la ingesta de grasas saturadas y trans**, así como de azúcares simples y sal, y el incremento de frutas, verduras, legumbres, cereales integrales y frutos secos. Estas características se incluyen en dietas como la mediterránea, y entre sus beneficios demostrados en múltiples estudios, se encuentran: la reducción de la mortalidad global y cardiovascular, de la incidencia de cáncer, enfermedad de Parkinson y Alzheimer.

La composición recomendable de los principales macronutrientes sería la siguiente:

- **Hidratos de carbono:** 45-65% de la ingesta calórica diaria. Es recomendable la ingesta procedente de cereales integrales, frutas, verduras, tubérculos, hortalizas y legumbres. Estos alimentos aportan una densidad

calórica baja, aseguran un consumo suficiente de micronutrientes y de fibra, y su ingesta podría reducir el riesgo de presentar enfermedad cardiovascular y Diabetes Mellitus tipo 2. Por el contrario, la ingesta de alimentos ricos en hidratos de carbono con bajo contenido en fibra y elevado contenido en azúcares, puede producir mayores incrementos de insulina y de la glucemia post-ingesta.

Los azúcares añadidos deberían limitarse a, no más de, un 10% del total de calorías consumidas. Suelen encontrarse en las bebidas azucaradas (refrescos, zumos envasados...) y en la mayoría de los alimentos procesados.

- **Proteínas:** 10-35% del total de calorías diarias.

  La calidad nutricional de las distintas proteínas depende de su composición y aporte de aminoácidos esenciales (es decir aquellos que el organismo no es capaz de sintetizar). Los alimentos que contienen todos los aminoácidos esenciales se conocen como **"alimentos de alto valor biológico".** En general, los alimentos de mayor valor biológico son los que proceden de productos animales (carne, pescado, huevos o proteínas lácteas), aportando además una fuente de calcio, vitamina B12, hierro y zinc. La proteína contenida en la clara del huevo (ovoalbúmina) se considera la de mayor valor biológico.

  Los productos vegetales aportan, en general, proteínas de menor valor biológico, sin embargo son una fuente de fibra, vitaminas E y C, folatos, potasio, magnesio, carotenoides, y pueden suministrar otros componentes con acciones beneficiosas, como isoflavonas, esteroles vegetales.

  Las **dietas hiperprotéicas** (especialmente de proteína de origen animal) **aumentan la excreción de calcio por la orina**, por lo que aumentan el riesgo de formación de cálculos renales. Además, este tipo de dietas no parece recomendable a largo plazo, ya que se restringe el consumo de otros alimentos necesarios para el organismo.

- **Grasas:** Se recomienda una ingesta dietética de moderada a baja en cuanto a porcentaje de grasas totales (<35% de las calorías totales), baja en grasas saturadas y trans (<10%) y colesterol (<300-350mg/día) y con proporciones variables de grasas monoinsaturadas (de 10-20%) y poliinsaturadas (5-10%).

Las **grasas trans y saturadas elevan el nivel del colesterol** LDL en sangre, aumentando de forma clara el riesgo de mortalidad cardiovascular y de diabetes tipo 2. Están presentes en las grasas de origen animal (carne, embutidos, leche entera, mantequilla, queso, nata) y en aceites vegetales como el de coco y palma, muy utilizados en la elaboración de productos de bollería industrial, pastelería y alimentos precocinados. Por ello su ingesta debería reducirse lo máximo posible y **no superar el 1% de la energía total diaria.** Por el contrario, el consumo de grasas mono y poliinsaturadas reducen el riesgo de enfermedad cardiovascular, ya que disminuyen los niveles de colesterol LDL.

La **fuente principal de grasas monoinsaturadas** (ácido oleico) es el **aceite de oliva** pero se encuentra presente también en la mayoría de frutos secos (almendras, nueces y avellanas) y aguacates.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega 6 se encuentran en algunos aceites vegetales (como girasol, soja o maíz) y en menor cantidad en ciertos frutos secos, aguacates

y leche. Por otro lado, las fuentes de ácidos grasos omega 3 son: el aceite de semilla de soja, lino, nueces y colza, y aceites procedentes del pescado azul (sardina, anchoa, arenque, salmón...) y otros animales marinos. Los ácidos omega 3, tiene además propiedades antiagregantes, antiinflamatorias, antiaterogénicas y una función esencial en el desarrollo del sistema nervioso y de la retina.

- **Fibra:** la recomendación de ingesta diaria es de unos 25-36 gramos diarios. Se encuentra presente en frutas, verduras, legumbres, cereales integrales y frutos secos. Entre los beneficios del consumo de fibra se conocen: la reducción de hasta un **50% del riesgo de enfermedad cardiovascular,** efecto protector contra la diabetes y protección frente al cáncer de colon.

  En cuanto a los micronutrientes (nutrientes necesarios en muy pequeñas dosis) podemos destacar algunos minerales y vitaminas:

  - **Sodio:** Una elevada ingesta se asocia a desarrollo de hipertensión arterial y enfermedad cardiovascular por lo que se recomienda una ingesta diaria de sodio inferior a 2g/día (equivalente a 5g/día de sal).

  - **Potasio:** se ha descubierto una relación inversa entre la ingesta de potasio y el riesgo de accidente cerebrovascular, aunque por el momento no existe evidencia suficiente para recomendar suplementos de potasio. Para asegurar el consumo de potasio con la dieta basta con un consumo elevado de frutas y verduras (5 raciones/día).

  - **Calcio y vitamina D:** se recomienda una ingesta de 600 unidades de Vitamina D en adultos jóvenes, 800mg en adultos mayores y 1200mg en mujeres posmenopáusicas.

  - **Ácido fólico:** es importante en la formación de células sanguíneas y en la prevención de defectos del tubo neural en el desarrollo embrionario. Por este motivo se recomienda la suplementación de folato en mujeres con deseo de embarazo y durante el mismo. Se encuentra presente en alimentos fortificados (cereales), verduras de hoja oscura, fruta, pan, cereales, cacahuetes, avellanas e hígado.

- **Vitamina B12:** la carencia de esta vitamina es frecuente en personas que siguen dietas vegetarianas/veganas debido a que su presencia es exclusiva en alimentos de origen animal. Por lo tanto, debe suplementarse a personas que siguen este tipo de dietas y en algunos casos, en ancianos, en quienes es más frecuente la deficiencia.

A continuación valoramos el papel de algunos alimentos específicos en la salud y la frecuencia con la que deberíamos incluirlos en la dieta:

- **Frutas y verduras:** es recomendable la ingesta de unas 5 piezas al día. La ingesta de estos alimentos ha demostrado reducir el riesgo de mortalidad, enfermedad cardiovascular y algunos cánceres, debido a su contenido alto en fibra, vitaminas y minerales así como carbohidratos con un bajo índice glucémico.
- **Carnes rojas:** su consumo excesivo, en especial de aquellas que son procesadas, se ha asociado con un incremento de la mortalidad cardiovascular y del riesgo de cáncer colorrectal. Por el contrario, la ingesta de carnes blancas (pollo, pavo...) se ha relacionado con un menor del riesgo de mortalidad.
- **Pescado:** se recomienda la ingesta de 1-2 piezas de pescado azul a la semana, debido al efecto cardio-protector derivado de su contenido en ácidos grasos omega 3.
- **Frutos secos:** la ingesta de 5 o más veces por semana ha demostrado reducir el riesgo de infarto y accidente cerebrovascular.
- **Lácteos:** son una fuente de proteínas, calcio, vitamina D y potasio. Se recomienda un consumo de 2-4 raciones diarias.
- **Legumbres:** es recomendable la ingesta de 2-4 raciones a la semana.
- **Bebidas azucaradas:** el consumo de este tipo de bebidas (zumos envasados, bebidas deportivas y energéticas) se desaconseja por ser una fuente de azúcares añadidos y calorías. Están asociados a un aumento de peso y en algunos estudios, a un incremento del riesgo de hipertensión.
- **Alcohol:** Diversos estudios han demostrado un efecto positivo entre el consumo moderado de alcohol

sobre la mortalidad. La disminución de la mortalidad parece estar asociada al descenso de la enfermedad cardiovascular, de manera que las personas que consumen alcohol de forma baja a moderada presentarían un menor riesgo de muerte por enfermedad coronaria que los abstemios y los que lo hacen en grandes cantidades. Los beneficios se observan fundamentalmente en adultos mayores de 45 años, en el caso de los hombres, y de 55 años en el caso de las mujeres.

El criterio para definir el consumo como moderado varía entre los distintos estudios, pero suele referirse a, no más de, una bebida alcohólica diaria en el caso de las mujeres y, no más de, dos para los hombres. La dosis menor para las mujeres, se explica por la metabolización más lenta del alcohol que en los hombres y que, mayoritariamente, tienen un menor volumen corporal.

Algunos estudios sugieren que, entre las bebidas alcohólicas, el vino tiene un papel más cardio-protector, por su contenido en flavonoides (antioxidantes).

Por otro lado, **el consumo excesivo de alcohol se asocia a un aumento del riesgo de enfermedad** hepática, pancreatitis, gastritis, enfermedades cardíacas, HTA, arritmias, osteoporosis, accidentes cardiovasculares hemorrágicos, así como algunos tipos de cánceres (oral, faringe, esófago, mama...).

Por todo esto, la OMS concluye que no hay evidencia suficiente para recomendar el consumo de alcohol de forma generalizada a la población. El consejo debe de ser individualizado, prudente y basado en las preferencias de cada individuo.

Fármacos

Existen numerosos medicamentos de uso común que pueden estar contraindicados relativa o absolutamente en pacientes con cardiopatías, ya que pueden dar lugar a un mayor número de efectos adversos en dichos pacientes.

Entre los más frecuentemente empleados se encuentran:

- **Antinflamatorios no esteroideos (AINEs):** pueden aumentar el riesgo de insuficiencia cardíaca y otros efectos no deseables por interacción con otros

fármacos (algunos tipos de antihipertensivos).

- **Antidepresivos:** en particular antidepresivos tricíclicos, que pueden aumentar el riesgo de arritmias entre otros efectos.
- **Antidiabéticos orales:** las tiazolidinedionas, un tipo de fármacos para el tratamiento de la diabetes, produce retención hidrosalina, lo cual podría aumentar el riesgo de insuficiencia cardíaca.
- **Fármacos para el tratamiento de la disfunción eréctil (Sildenafilo, tadalafilo…):** su uso está contraindicado en pacientes en tratamiento con nitratos (vasodilatadores), ya que pueden disminuir significativamente la presión arterial.
- **Quimioterápicos:** algunos agentes anticancerígenos (antraciclinas) tiene un efecto cardiotóxico y deberían evitarse en pacientes cardiópatas.
- **Antihistamínicos:** algunos fármacos de esta familia (terfenadina) pueden dar lugar a una arritmia potencialmente letal.

Por todo ello es especialmente importante, que **todo medicamento sea prescrito o supervisado por un médico** que identifique las posibles interacciones o efectos adversos que podrían tener lugar en estos pacientes.

Sueño

Los trastornos del sueño son una de las causas de consulta más frecuentes en la práctica médica. Más del 50% de los adultos de en Estados Unidos presenta por lo menos trastornos del sueño esporádicos. Para la mayoría, esto supone una noche de sueño escaso y somnolencia diurna, que se presenta de forma ocasional. Sin embargo, no menos del **15-20% de los adultos refiere una afección crónica** que puede causar una **alteración** importante **de la actividad diurna.**

Los distintos trastornos del sueño (insomnio, síndrome de apnea del sueño, movimientos periódicos de las extremidades durante el sueño…), **conllevan:**

- Tener problemas para conciliar el sueño o permanecer dormido.
- Sentirse cansado o somnoliento durante el día.
- Olvidar cosas o tener problemas para pensar con claridad.
- Sentirse malhumorado, ansioso, irritable o deprimido.
- Tener menos energía o interés en hacer cosas.

- Cometer errores o accidentes más a menudo de lo normal.
- Preocuparse por su falta de sueño.

Según los estudios basados en la población, **la apnea** obstructiva del sueño **y el insomnio aumentan** en grado significativo **el riesgo de enfermedades cardiovasculares y trastornos cerebrovasculares,** entre ellos, arritmias, ateroesclerosis, cardiopatía isquémica, insuficiencia cardiaca, hipertensión y accidente cerebrovascular, lo mismo que enfermedades metabólicas tales como obesidad, diabetes mellitus tipo 2 y dislipemia.

Estos estudios, definieron el **sueño inadecuado** como **menos de 7 horas por la noche.** Sin embargo, un sueño prolongado, definido como **9 o más horas por noche,** se ha vinculado a **obesidad, hipertensión y diabetes.**

Estudios aleatorizados controlados han demostrado que la **pérdida de peso** mediante intervenciones en la conducta o quirúrgicas podría tener **efectos positivos sobre el trastorno respiratorio durante el sueño.**

El diagnóstico se realiza mediante **polisomnografía.** Es una prueba que se realiza ingresado durante la noche en el hospital, con un registro del movimiento, actividad cerebral, respiración y otras funciones corporales.

A pesar del tratamiento específico de cada trastorno (síndrome de apnea del sueño mediante CPAP o insomnio severo con tratamiento farmacológico), es importante una **buena higiene del sueño:**

- Dormir sólo lo suficiente para sentirse descansado y después levantarse de la cama.
- Ir a la cama y levantarse a la misma hora todos los días
- No intentes obligarte a dormir. Si no puedes dormir, levántate de la cama e inténtalo más tarde.
- Tomar café, té y otros alimentos con cafeína solo por la mañana.
- Evitar el alcohol a última hora de la tarde, noche o antes de acostarse.
- Evitar fumar, especialmente en la noche.
- No te vayas a la cama con hambre.
- Mantén tu dormitorio oscuro, fresco, silencioso y libre de recordatorios de trabajo o de otras cosas que le causen estrés.

- Resuelve los problemas que tengas antes de ir a la cama.
- Realice ejercicio físico varios días a la semana, pero no justo antes de irse a dormir.
- Evitar mirar el teléfono móvil o leer dispositivos (libro electrónico) que emiten luz antes de acostarse. Esto puede hacer que sea más difícil conciliar el sueño.
- Otras cosas que puede hacer mejorar el sueño son, terapia de relajación o trabajar con un psicólogo.

Tabaco

En Estados Unidos, más de 400.000 personas mueren prematuramente cada año como consecuencia del consumo de cigarrillos; eso viene a representar aproximadamente una de cada cinco muertes en ese país. Alrededor del 40% de los fumadores de cigarrillos morirán prematuramente como consecuencia de sus hábitos si no consiguen abandonarlo.

Dejar de fumar puede **reducir sus probabilidades de sufrir o morir** debido a una enfermedad cardiaca, enfermedad pulmonar, insuficiencia renal, infección o cáncer. También **disminuye el riesgo de producir osteoporosis o problemas de disfunción sexual.**

El tabaco puede producir enfermedad cardiaca por dos factores:

- **Nicotina:** desencadena liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) que producen daño en la pared interna de las arterias (endotelio), aumenta el tono coronario con espasmo, produce alteraciones de la coagulación, incrementa los niveles de LDL (colesterol malo) y reduce los de HDL (colesterol bueno)
- **Monóxido de carbono:** disminuye el aporte de oxígeno al miocardio, aumentar el colesterol y la agregabilidad plaquetaria (su capacidad de unirse y formar coágulos).

Los consumidores de cigarrillos tienen más probabilidad que los no fumadores de presentar **aterosclerosis de grandes vasos,** así como patología de pequeños vasos, y es proporcional a la cantidad de cigarrillos fumados al día y al número de años en lo que se mantiene este hábito nocivo.

Casi el 90% de la enfermedad vascular periférica en los no diabéticos **puede atribuirse a fumar cigarrillos,** al igual que alrededor de **50% de los aneurismas aórticos.**

Por el contrario, **20-30% de la cardiopatía isquémica** y aproximadamente el **10% de la enfermedad vascular cerebral** oclusiva se deben al consumo de cigarrillos.

Existe una interacción de efecto multiplicador entre el consumo de cigarrillos y otros factores de riesgo, de forma que, el aumento de riesgo provocado por el fumar en hipertensos o las personas con colesterol elevado es sustancialmente mayor, que el incremento del riesgo producido por el tabaco en las personas sin esos factores de riesgo.

Además de su papel promotor de la aterosclerosis, fumar cigarrillos **aumenta** también **la probabilidad de sufrir infarto de miocardio y muerte repentina** al favorecer la agregación plaquetaria y la oclusión vascular.

La inversión de estos efectos puede explicar los rápidos beneficios del abandono del hábito en cuanto a la posibilidad de sufrir un nuevo suceso coronario, demostrable en los supervivientes de un primer infarto de miocardio. Este efecto puede explicar también las tasas muy superiores de oclusión de injertos en los pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria o periférica que continúan fumando, así como la elevada tasa de fracaso de la angioplastia en quienes persisten con este hábito.

El abandono del hábito de fumar cigarrillos **reduce el riesgo** de un segundo suceso coronario **en 6 a 12 meses** a partir de la abstinencia, y las tasas de un primer infarto o de muerte de causas coronaria también disminuyen en el transcurso de unos pocos años tras el abandono. **A partir de los 15 años de abandono**, el riesgo de un nuevo infarto o de muerte de origen coronario en ex fumadores es **similar al de quieres nunca han fumado.**

El proceso de abandono del consumo de tabaco suele ser cíclico, y el fumador a veces hace múltiples intentos para dejarlo, pero recae antes de un logro definitivo. El médico debe animar y motivar al paciente, así como ofrecerle la ayuda necesaria para conseguirlo: **programas de interrupción intensiva del tabaquismo, productos que contienen nicotina** (chicles, parches), **antidepresivos** (bupropión, clonidina, nortriptilina).

Alrededor el **90% de las personas que se tornan fumadores comienzan su comportamiento en la adolescencia.** La prevención del inicio del tabaquismo debe

comenzar en fechas tempranas en los colegios, explicando que todas las formas de tabaco **causan adicción y son nocivas.**

Drogas

Se entiende por drogas aquellas sustancias cuyo consumo puede **producir dependencia**, que son empleadas para la **estimulación o depresión del sistema nervioso central** y que dan como resultado un trastorno en la función del juicio, del comportamiento o del ánimo de la persona.

El abuso de cocaína y otros psicoestimulantes sigue siendo un grave problema de salud pública en Estados Unidos y en todo el mundo, su prevalencia al parecer ha aumentado en algunas zonas metropolitanas entre los universitarios y adultos de 19 a 40 años.

- **Cocaína y sus derivados (crack)**

  Producen sobre el sistema cardiovascular un **efecto** derivado **de la activación del sistema nervioso simpático** (catecolaminas), que producen incremento de la demanda de oxígeno, espasmo coronario, agregación plaquetaria y formación de trombos. La cocaína es responsable de los diferentes grados de taquicardia, vasoconstricción y elevación de la presión arterial.

  Se ha calculado que el peligro de sufrir un infarto agudo de miocardio en personas de bajo riesgo, es **24 veces superior durante los 60 minutos siguientes al consumo de cocaína,** independientemente de la dosis, la vía de administración o si se trata de un consumidor crónico, esporádico o de la primera dosis.

- **Éxtasis y sus derivados (anfetaminas)**

  Los efectos del éxtasis sobre el sistema cardiovascular son similares a los de la cocaína, con elevación de las **catecolaminas** y responsable de la **taquicardia, vasoconstricción y elevación de la presión arterial.**

- **Cannabis**

  Sus efectos cardiovasculares dependen en gran medida de la dosis:

  - **Dosis bajas o moderadas**, incrementan la actividad simpática y reducen la actividad parasimpática, generando taquicardia y aumento del gasto cardiaco, con un riesgo de infarto 4.8 veces superior en los 60 minutos siguientes al consumo.

- **Dosis elevadas,** producen inhibición simpática y activación parasimpática que ocasiona bradicardia e hipotensión.

- **Opiáceos – Heroína**

  Las mayores complicaciones cardiovasculares son **consecuencia de de las infecciones asociadas a su administración por vía intravenosa.** Además, puede producir prolongación del intervalo QTc, ondas U prominentes, bradiarritmias, y a dosis altas, torsades de pointes (alteraciones electrocardiográficas) y muerte súbita.

- **Otras drogas**

  - **Éxtasis líquido (ácido gamma-hidroxibutírico, GHB)**. La manifestación clínica más frecuente, en caso de intoxicación, ha sido el coma de corta duración e incluso la muerte, no generalmente como complicación cardiovascular, sino a depresión del sistema nervioso central.

  - **Ácido lisérgico (LSD) y psilocibina (hongos alucinógenos),** producen grados de estimulación o inhibición de las catecolaminas.

  - **Peyote (mescalina),** es un alucinógeno que produce elevación de la presión arterial, taquicardia y arritmias.

El tratamiento adecuado del problema de la drogadicción requiere programas de intervención innovadores. El primer paso es el tratamiento de **desintoxicación**, un proceso que puede resultar difícil dado que el paciente ha abusado de varias drogas con diferentes opciones acciones farmacológicas (ejemplo: alcohol, opiáceos y cocaína). El tratamiento **requiere la hospitalización o la atención en una residencia** durante la fase de desintoxicación y la fase inicial de abstinencia de la droga. Siempre que sea posible, deberán usarse los **servicios de centros especializados en el cuidado y tratamiento de personas dependientes de sustancias químicas.**

Existen programas **antidrogadicción,** desde el ámbito escolar, tanto a nivel educativo como para detectar casos incipientes para realizar un tratamiento adecuado lo antes posible.

Capítulo 14

Programas de ejercicios y entrenamiento en el corazón patológico

Programas de ejercicios y entrenamiento en el corazón patológico

Rehabilitación cardiaca

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la rehabilitación cardiaca como la **suma coordinada de intervenciones requeridas para influir favorablemente sobre la enfermedad,** asegurando las mejores condiciones físicas, psíquicas y sociales para que los pacientes, por sus propios medios, puedan conservar o reanudar sus actividades en la sociedad de manera óptima. La **rehabilitación** no debe considerarse como una terapia aislada, sino que **debe ser integrada en el tratamiento global de la cardiopatía.**

Desde la puesta en marcha de los primeros programas de rehabilitación cardiaca se puso de manifiesto que el **ejercicio físico** aislado no era suficiente y que era **imprescindible actuar sobre otros factores** que influían en el paciente cardiaco.

Así actualmente, las Unidades de Rehabilitación Cardiaca están formadas por un equipo multidisciplinar básico de facultativos especialistas en cardiología, rehabilitación, medicina de familia, medicina deportiva, enfermeras, fisioterapeutas y psicólogos. Recientemente, en algunos equipos se están incorporando grados en Ciencias de la Actividad Física.

Los beneficios de los Programas de Rehabilitación Cardiaca (PRC) serían:

- Reducción de los síntomas.
- Mejoría de la capacidad y tolerancia al ejercicio.
- Mejoría de los niveles de lípidos en sangre.
- Reducción del número de fumadores.
- Mejoría psicológica y del nivel del estrés.

- Atenuación del proceso ateroesclerótico.
- Disminución de la frecuencia de eventos coronarios posteriores.
- Reducción del número de hospitalizaciones.
- Disminución de la morbilidad y la mortalidad.

Los PRC se dividen en tres fases:

- **Fase I (período hospitalario):** el objetivo principal sería conseguir la mayor autonomía para la realización de las actividades básicas de la vida diaria, con movilizaciones y ejercicios cuando la cardiopatía este estabilizada.
- **Fase II (período de convalecencia):** en esta fase el objetivo sería conseguir un estilo de vida cardiosaludable, corrigiendo los factores de riesgo cardiovascular y con un programa de ejercicio físico adecuado. Se realizaría de forma ambulatoria, los pacientes de riesgo moderado-alto en el hospital y los de bajo riesgo en centros de atención primaria.
- **Fase III (periodo de mantenimiento):** el objetivo es mantener los logros conseguidos con apoyos de asociaciones y polideportivos.

Las principales indicaciones y contraindicaciones del PRC serían:

Indicaciones

- **Cardiopatía Isquémica:**
  - Infarto agudo de miocardio en los últimos 12 meses.
  - Angina crónica estable.
  - Revascularización quirúrgica.
  - Stent/ACTP (angioplastia coronaria transluminal percutánea).
- **Insuficiencia cardiaca estable**
- **Marcapasos o desfibriladores.**
- **Cirugía de by-pass aorto-coronaría.**
- **Cirugía valvular de sustitución o reparación.**
- **Cirugía congénita niños y adultos.**
- **Trasplante de corazón o pulmón-corazón.**

Contradicciones

- **Relativas o temporales:**
  - Discapacidad física grave
  - Enfermedad psiquiátrica
  - Cardiopatía inestable
- **Absolutas:**
  - Estenosis grave de salida del ventrículo izquierdo.
  - Aneurisma disecante de aorta.

La rehabilitación cardiaca persigue diversos **objetivos:**

- Los **objetivos físicos** son los que enseñan al paciente como hacer ejercicio de una manera segura y saludable, mejorando su capacidad física.
- Los **objetivos sociales** buscan una normalización de la vida del paciente, incidiendo sobre todo en el desempeño en el trabajo y en mejorar la autonomía individual.
- Los **objetivos psicológicos,** persiguen mejorar la calidad de vida a través de la compresión y la aceptación del problema cardiaco, generando confianza en uno mismo y luchando así contra la ansiedad, la depresión o el estrés que puedan provocar dolencias de estas características.

La evaluación inicial del estado clínico y la estratificación del riesgo en pacientes con cardiopatía isquémica es **esencial para iniciar el programa de rehabilitación cardiaca.**

Protocolo de actuación Entrenamiento físico. Programa de ejercicios

Fase I

Fase hospitalaria con el paciente ingresado.

Los ejercicios se inician a las **48 horas del episodio agudo** si no hay complicaciones.

La **fisioterapia respiratoria,** especialmente, en el caso de los pacientes post-quirúrgicos evita la retención de secreciones bronquiales, atelectasias, parálisis frénicas y retracción de la cicatriz.

Técnicas de eliminación de secreciones

- **Expectoración:** inspirar cogiendo aire profundamente por la nariz y expulsar el aire bruscamente con la boca abierta. Se repite varias ocasiones terminando con la expectoración.
- **Tos asistida:** con ayuda de un fisioterapeuta se realizan compresiones mientras el paciente hace el esfuerzo de toser.
- **Vibraciones torácicas.**
- **Clapping o percusión.**
- **Drenaje postural.**

Ejercicios respiratorios

- **Respiración torácica:** con las manos en el tórax (debajo del pecho o encima de las costillas), se toma aire por la nariz, **inspirar** y se suelta el aire por la boca lentamente, **espirar.**
- **Respiración abdominal o diafragmática:** se colocan las manos sobre el abdomen encima del ombligo, se coge aire por la nariz intentando hinchar el abdomen y se suelta lentamente por la boca deshinchando el abdomen.
- **Ejercicios respiratorios con los brazos:** Inspirar subiendo los brazos hacia arriba y espirar bajando los brazos.
- Inspirar poniendo los brazos en cruz y espirar abrazándose.
- **Entrenamiento de la marcha:** consiste en controlar la respiración mientras se camina, inspirando en los dos primeros pasos y espirando en los dos siguientes. Hay que detenerse cuando aparezca disnea. Aumentar el tiempo de duración del ejercicio según tolerancia del paciente.
- **Respiración con los labios fruncidos:** evita el colapso de la vía aérea disminuyendo la frecuencia respiratoria, mejorando la ventilación alveolar y aumentando el volumen corriente. Se coge aire por la nariz, se ponen los labios fruncidos como si fueras a soplar y se suelta lentamente el aire por la boca.

Los ejercicios calisténicos, que sólo se realizan con el peso

corporal, **mejoran la postura**, el **equilibrio** y la **fuerza muscular** cuando el paciente esta hospitalizado.

- **Estiramientos suaves** de brazos y piernas para mantener el tono muscular
- **Movilización de las articulaciones** para mantener arco articular, 5-10 repeticiones cada una.
- Abrir y cerrar las manos para mejorar la circulación de los MMSS.
- Realizar **flexo-extensión de los tobillos** para favorecer el retorno venoso hacia el corazón y prevenir la formación de trombos y edemas.
- **Transferencias.** Cada vez que se levante, se siente o realice otro esfuerzo que conlleve mucha presión abdominal debe de **soltar el aire por la boca.** También puede abrazarse a si mismo sujetando sus costillas cuando realice una maniobra de esfuerzo para disminuir la presión intra-torácica.
- Caminar lo antes posible, primero **distancias cortas** e ir progresando **lentamente,** siempre **acompañado y varias veces al día.**

La valoración del paciente y la **estratificación del riesgo** al alta hospitalaria es clave para el inicio de la **Fase II del PRC.**

El pronóstico del paciente va a depender fundamentalmente de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, de la prueba de esfuerzo para detectar isquemia residual y de la presencia de inestabilidad eléctrica, siendo la ecocardiografía y la ergometría pruebas básicas para la estratificación del riesgo.

Fase II

Tiene una duración aproximada de **2 a 3 meses** y se inicia **tras la estratificación del riesgo.**

La estratificación del riesgo implica medidas de supervisión y monitorización adecuadas a la gravedad de cada paciente **(tabla 1).** La Asociación Estadounidense del Corazón AHA recomienda:

- **Bajo riesgo:** supervisión médica. Deseable durante las primeras sesiones; monitorización útil al inicio del entrenamiento, generalmente de **6-12 sesiones,** con registro electrocardiográfico y de presión arterial
- **Moderado y alto riesgo:** supervisión médica durante todas las sesiones del entrenamiento hasta que la seguridad del paciente esté

establecida; monitorización durante generalmente **más de 12 sesiones.**

De una buena clasificación del paciente va a depender el buen resultado del programa

Estratificación del riesgo en pacientes con cardiopatía isquémica según el Grupo de Trabajo de SORECAR	RIESGO
Bajo	• Curso clínico sin complicaciones Ausencia de isquemia. • Capacidad funcional superior a 7 METS. • Fracción de eyección del ventrículo izquierdo superior al 50%. • Ausencia de arritmias ventriculares con el esfuerzo.
Moderado	• Aparición de angina. • Defectos reversibles detectados con prueba de esfuerzo isotópica. • Capacidad funcional entre 5-7 MET. • Fracción de eyección del ventrículo izquierdo entre 35-49%.
Alto	• Reinfarto o insuficiencia cardíaca congestiva durante el ingreso. • Depresión del segmento ST mayor a2 mm a frecuencia cardíaca inferior a 135 latidos/min. Capacidad funcional inferior a 5 METS. • Fracción de eyección del ventrículo izquierdo inferior al 35%. • Arritmias ventriculares malignas . • Respuesta hipotensora al esfuerzo. • Depresión clínica. • Parada cardíaca de causa primaria recuperada. • Enfermedad coronaria no revascularizable .

Tabla 1. Rehabilitación (Madrid).

y la prevención de eventos importantes durante el entrenamiento.

En el área de tratamiento debe haber un facultativo responsable y un carro de parada. El equipo debe estar familiarizado con la reanimación cardiopulmonar básica (fisioterapeutas, auxiliares) y avanzada (enfermería y médicos).

El personal sanitario debe estar más alerta en el **periodo de recuperación al finalizar el ejercicio,** ya que es el más vulnerable por la concentración muy alta de **catecolaminas**.

Protocolo de entrenamiento físico

En la prescripción del ejercicio físico debe especificarse el tipo, la intensidad, la duración y la frecuencia de las sesiones.

Tipo de ejercicio. Cada sesión, de una hora aproximadamente, incluye 5-10 minutos de calentamiento, 20-45 minutos de entrenamiento y 5 minutos de enfriamiento.

1. **Ejercicios de calentamiento.** Su objetivo es mejorar la adaptación cardiovascular. Se utilizan ejercicios respiratorios, estiramientos durante 5-10 minutos con 5 repeticiones cada ejercicio.

Cuello:

- **Lateralización de cuello:** acercar la oreja hacia el hombro **(Figura 1).**

Figura 1. Laterización de cuello.

- **Diagonal de cuello:** llevar la mirada hacia arriba a la derecha y después hacia abajo a la izquierda **(Figura 2).**

Figura 2. Diagonal de cuello.

Hombros:

- **Flexión de hombros:** cruzar las manos sobre la cabeza y extender los codos **(Figura 3).**

Figura 3. Flexión de hombros.

- **Extensión:** entrelazar las manos con los brazos extendidos por detrás del cuerpo y separarlos de la espalda **(Figura 4).**

Figura 4. Extensión.

- **Estiramientos de pectorales:** manos entrelazadas en la nuca, abrir y cerrar codos **(Figura 5).**

Figura 5. Estiramientos de pectorales.

- **Rotadores de hombro:** un brazo por arriba y otro por debajo para unir las manos en la espalda. Se puede utilizar una pica **(Figura 6).**

Brazos: (estiramiento de Miembros Superiores)

- Cruzar los brazos junto al cuerpo y subir descruzando **(Figura 7).**

Figura 6. Rotadores de hombro.

Figura 7. Brazos.

- Separar los brazos abajo, subir cruzando y bajar descruzando **(Figura 8).**

Figura 8. Brazos.

Tronco:

- Inclinar el tronco hacia un lado cogiendo aire y volver echando aire **(Figura 9).**

Figura 9. Tronco.

- Giros de cintura: con los brazos en "jarras" realizar círculos con la cintura a ambos lados **(Figura 10).**

Figura 10. Tronco.

Piernas: (estiramiento de Miembros Inferiores apoyados en superficie estable).

- Cruzar la pierna del lado contrario al apoyo. **Figura 11** y hacia delante y hacia atrás **(Figura 12).**

- Separar la pierna del lado contrario del apoyo

Figura 11. Piernas.

Figura 12. Piernas.

- Flexionar la cadera del lado apoyado y rotarla con la mano contraria hacia afuera **(Figura 13).**

Figura 13. Piernas.

- **Estiramiento del cuádriceps:** coger el pie y llevar el talón hacia el glúteo y el muslo hacia atrás **(Figura 14).**

Figura 14. Piernas.

Sentadillas: con las piernas alineadas con el ancho de la cadera, se realiza flexión y extensión de piernas como si fuéramos a sentarnos, con los talones apoyados y la espalda recta. Nos ayudamos de una silla para no perder el equilibrio o del pomo de una puerta **(Figura 15 y Figura 16).**

Figura 15. Sentadillas.

Figura 16. Sentadillas.

Rotaciones de cadera:

- Tocar con una mano el tobillo del lado contrario **(Figura 17).**

Figura 17. Rotaciones de cadera.

- Tocar el talón con la mano contraría por detrás del cuerpo, alternando ambos lados **(Figura 18)**.

Figura 18. Rotaciones de cadera.

Pierna:

- **Estiramiento cara anterior de la pierna:** ponerse de puntillas, levantar talones **(Figura 19).**

Figura 19. Estiramiento cara anterior de la pierna.

- **Estiramiento de gemelos:** avanzar una pierna, mantener la rodilla de atrás extendida y talón apoyado y con el pie en la misma dirección del cuerpo, doblar la rodilla de la pierna avanzada sintiendo tensión en la pantorrilla **(Figura 20).**

Figura 20. Estiramiento de gemelos.

- **Estiramiento de Isquiotibiales (zona posterior del muslo):** una pierna subida a una superficie estable, flexionar ese pie hasta sentir tensión en zona posterior del muslo **(Figura 21 y Figura 22).**

Figura 21. Estiramiento de Isquiotibiales .

Figura 22. Estiramiento de Isquiotibiales .

2. **Entrenamiento de resistencia.** El ejercicio se va modificando según la tolerancia individual. Puede ser continuo o interválico. En este sentido, se amplia la información en el capítulo siguiente.

El ejercicio continuo se utiliza una bicicleta ergométrica o un tapiz rodante **(Figura 23)**. Se calcula la frecuencia cardiaca (FC) de entrenamiento **(Tabla 2)**.

Como los pacientes toman fármacos betabloqueantes, que disminuyen la frecuencia cardiaca, es difícil que alcancen su FC máxima, por lo que es necesario incluir escalas de percepción subjetiva del esfuerzo, como la escala de Börg **(ver Figura 4 de capítulo 11)**.

Figura 23. Bicicleta ergométrica.

El ejercicio interválico. Después del calentamiento se inicia un ejercicio que alterna picos de carga junto con bases de recuperación.

3. **Ejercicios de tonificación muscular.** El entrenamiento de la fuerza combinado con el de la resistencia mejora los resultados de los PRC. El ejercicio debe coordinarse con la respiración, de manera que la máxima fuerza se haga durante la espiración.

Se utilizan pesas, bandas elásticas, muñequeras o aparatos gimnásticos **(Figura 27).**

Se hacen 2 series de 5 repeticiones cada una.

Figura 24. Deltoides.

4. **Ejercicios de brazos con mancuernas o libre de peso.**

- **Deltoides:** subir los brazos estirados en cruz, a la vez, hasta la altura de los hombros y bajar. **(Figura 24).**
- **Trapecios:** brazos en "candelabro", llevar los brazos hacia la cara a la vez, sin sobrepasar la línea de los hombros **(Figura 25).**

Figura 25. Trapecios.

- **Pectorales:** brazos en cruz, se flexionan los codos con las manos hacia abajo. Se juntan las pesas por delante, sin sobrepasar la altura de los hombros **(Figura 26).**

Figura 26. Pectorales.

Cálculo de frecuencia cardíaca de entrenamiento

FORMA INDIRECTA	FORMA DIRECTA
• 65-85% de la FC máxima obtenida en la prueba de esfuerzo. • A partir de la fórmula descrita por Karvonen: FCE=FC basal+% (FC máxima – FC basal) Se aconseja empezar a un 65-70% de la FCE e incrementarlo progresivamente hasta el 80-85% FC de reserva (en pacientes muy desacondicionados): FCE = FC máxima – FC reposo • Si la prueba de esfuerzo es positiva, es decir, si aparecen cambios eléctricos que sugieren isquemia, la FCE será del 75-85% de la FC en el momento de iniciarse la positividad de la prueba (de manera práctica, unos 10 latidos menos que la FC en el momento del descenso del ST). • En caso de desfibriladores implantados, la FC máxima no debe sobrepasar 10-20 latidos por debajo de la FC de activación del dispositivo.	• A partir del VO_2 max obtenido en un ergómetro con analizador de gases (cálculo más específico del trabajo a realizar). Como el paciente no va a entrenar con el mismo ergómetro que determina los gases, usaremos la FC o la carga (vatios) en el momento de alcanzar el 50-85% del VO_2 max (40% en caso de gran desacondicionamiento). • La FC en el umbral aeróbico (útil para pacientes más desentrenados). Este parámetro está menos influido por la variabilidad del esfuerzo máximo que es muy influenciable (capacidad de sufrimiento del paciente, intensidad de la motivación por parte del facultativo..).

Tabla 2. Rehabilitación (Madrid).

Figura 27.

- **Bíceps:** brazos separados del cuerpo y codos extendidos, se flexionan los codos llevando las manos hacia los hombros **(Figura 28).**

Figura 28. Bíceps.

- **Tríceps:** Levantar los brazos sobre la cabeza, se flexiona y se extienden los codos **(Figura 29).**

Figura 29. Tríceps.

5. **Ejercicios en colchoneta.**

- **Puente:** subir las caderas separando los glúteos del suelo y bajar **(Figura 30).**

Figura 30. Puente.

- **Abdominales:** al subir echar aire y al bajar coger aire. Rodillas dobladas, de tal forma que me permita apoyar toda la suela de la zapatilla.
- **Superiores:** despegar hombros de la colchoneta sin tirar del cuello. Para ello es mejor tener los brazos cruzados por delante del pecho **(Figura 31).**

Figura 31. Superiores.

- **Inferiores:** flexionar y extender alternativamente ambas piernas de forma coordinada sin contener la respiración **(Figura 32).**

Figura 32. Inferiores.

- **Oblicuos:** separar los hombros de la colchoneta e inclinar el cuerpo para tocar con la mano el tobillo del mismo lado y repetir al otro lado **(Figura 33).**

Figura 33. Oblicuos.

- **Estiramientos de isquiotibiales:** con rodillas flexionadas, estirar una pierna y tirar de la punta del pie hacia la cara **(Figura 34).**

Figura 34. Estiramientos de isquiotibiales.

- **Flexo-extensión de tobillos:** flexionar y extender los tobillos al límite del movimiento **(Figura 35).**

Intensidad de entrenamiento. Se mide por la Frecuencia Cardiaca y se decide en función de la prueba de esfuerzo previa. Según la AHA debe mantenerse entre el 60 y el 80 % del máximo de consumo de oxígeno (VO_2 max), o en casos en que se hay realizado una prueba de esfuerzo con gases, en relación a los umbrales metabólicos. Consultar capítulo 3 y 14.

Frecuencia de las sesiones. 3 a 5 sesiones por semana cuando el ejercicio es aeróbico y 2-3 sesiones con ejercicios de fuerza y resistencia.

Duración en el tiempo. Se precisa un mínimo de 20 sesiones para mejorar la capacidad funcional.

Figura 35. Flexo-extensión de tobillos.

Fase III

Es la fase de mantenimiento y **equivale a la Prevención Secundaría.** Incluyen actuaciones en el campo físico, psicológico, laboral y social.

Los ejercicios se realizarían en domicilio, clubes coronarios, polideportivos y gimnasio y centros de atención primaria.

Se realizan **ejercicios aeróbicos de intensidad moderada** un mínimo de **45-60 minutos al día,** cinco días a la semana.

Los ejercicios aeróbicos permiten **movilizaciones de grandes grupos musculares,** como las marchas, carreras o ciclismo. Se pueden realizar durante un tiempo prolongado sin agotarse ni fatigarse.

La frecuencia cardiaca se considera un parámetro fundamental en el paciente cardiovascular. Se considera que la frecuencia cardiaca de un **enfermo coronario** debe ser **inferior a 60 latidos por minuto** (lpm) y **menor de 70 lpm** en los que padecen i**nsuficiencia cardiaca.**

El paciente debe aprender a controlar la frecuencia cardiaca, ya sea tomando el pulso o por medio de un pulsómetro.

Precauciones a la hora de realizar ejercicio con corazón patológico

- Las características del entrenamiento se deciden en función de los **datos clínicos de la cardiopatía y de las pruebas de control** realizadas (ecocardiograma, pruebas de esfuerzo, analítica).
- Se debe respetar la frecuencia cardiaca prescrita.
- Se recomienda que la **intensidad del esfuerzo sea moderada** (escala de Borg). Ésta se establecerá en función de los resultados obtenidos en la prueba de esfuerzo previa realizada por un médico especialista.
- **No realizar ejercicios** en ayunas, se recomienda **una hora después** de una comida ligera.
- Suspender o no comenzar ejercicios con dolor precordial.
- Evitar hacer ejercicios **"con actitud competitiva".**
- El lugar para realizar el ejercicio debe de tener una adecuada ventilación, temperatura y humedad. Hay que utilizar ropa que transpire bien.
- Hacer calentamiento previo para que aumente de forma gradual la frecuencia cardiaca, la elasticidad muscular y la temperatura corporal.
- Terminar el ejercicio de **forma progresiva,** reponer líquido y realizar **estiramientos musculares** para evitar lesiones.

Capítulo 15

El entrenamiento cardiovascular

El entrenamiento cardiovascular

Entrenar una actividad física o un deporte, significa exigir al organismo a adaptarse a un medio nuevo y diferente. Para realizar correctamente esta adaptación, el entrenador debe conocer al deportista/paciente y la disciplina que practica.

Independientemente, de que se hable de deportista, de cualquier nivel o de un paciente, se debe ajustar el nivel de exigencia a los objetivos que se marquen.

El deportista/paciente posee cualidades físicas que debemos evaluar para identificar sus fortalezas y debilidades. La **Velocidad Aeróbica Máxima (VAM)** y el umbral son valores de vital importancia para el corredor de larga distancia y sobre todo para establecer los ritmos de entrenamiento. Para corredores de 800 y 1500, la velocidad y el ácido láctico, serían valores adicionales que tener muy en cuenta.

A continuación, presentamos el **porcentaje de implicación de las vías aeróbicas y anaeróbicas en función de cada distancia de carrera:**

%	800	1500	3000	5000	10000
Aeróbica	40	50	85	90	95
Anaeróbica	60	50	15	10	5

%	MEDIA MARATÓN	MARATÓN
Aeróbica	97	98
Anaeróbica	3	2

Tabla 1.

Los valores de la VAM, puede predecir el rendimiento alcanzado por un deportista/paciente en cada distancia.

Es importante establecer un objetivo claro y preciso, por ejemplo: “entrenar para alcanzar esta distancia en este tiempo”. Para ello, conviene organizar las sesiones de entrenamiento que deberán respetar tres principios: progresión, especificidad y variedad.

- **Principio de progresión:** se trata de progresar desde mayores volúmenes de trabajo y menos intensos, a otros menos voluminosos y más intensos. Se buscar aumentar las exigencias de más leves a más elevadas.
- **Principio de especificidad:** implica comenzar entrenando cualidades de base más alejadas de las exigencias de la competición, hasta llegar a integrar las características más cercanas posibles a la realidad de la competición (velocidades, tiempos de recuperación, números de sesiones…). Además, se busca reducir las deficiencias físicas del deportista/paciente en los periodos más alejados de la competición/objetivo y fortalecer aún mas sus cualidades en los periodos más cercanos.
- **Principio de variedad:** alternar fases de entrenamiento y de reposo permitirá continuar con la progresión del deportista.

A modo ilustrativo, tomamos como ejemplo a un corredor que se prepara para una maratón y tiene su umbral aeróbico en el 75% de la VAM. Su punto débil es la velocidad-umbral. Su ritmo de competición está situado alrededor de su umbral. En una primera fase de entrenamiento de 6 semanas, el objetivo sería aumentar esta velocidad-umbral. En una segunda etapa, se integraría el trabajo de la VAM. Y en una última etapa se podría trabajar intensidades de competición en distancias largas. Tras esta etapa, entraríamos en una fase de 10-15 días de reposo relativo para llegar fresco a la competición.

1. Carrera lenta y a media intensidad (verde):

Corresponde al 50-75% de la VAM. Los objetivos son diferentes en función del tiempo de ejecución:

- **10 a 20 minutos:** calentamiento o recuperación post-sesión.
- **20 a 40 minutos:** sesión de recuperación.

- **Más de 40 minutos:** se considera una carrera larga y busca mejorar la irrigación de los músculos y a favorecer el consumo de grasas como fuente energética.

2. Carrera rápida (amarillo):

Corresponde al 75-90% de la VAM y se utiliza en el entrenamiento Interválico alternando repeticiones rápidas y lentas.

- **Carrera activa rápida entre 75 y 85% de la VAM** y puede durar entre 20 y 60 minutos. Por ejemplo, 2x15 minutos de carrera al 85% de la VAM.
- **Carrera intermitente:** intensidades del 85 al 90% de la VAM. Por ejemplo, alternar libremente durante 15 minutos carreras de 75 y 90% + 3x1 km al 85% de la VAM.

Este tipo de carreras permite **desarrollar las cualidades aeróbicas, ahorrar glucógeno y la técnica de carrera** sin provocar una excesiva fatiga. Además, al día siguiente de una sesión láctica, permite acelerar la recuperación, más que la carrera lenta. Algunos días antes de la competición permite generar la sensación de velocidad y activación sin cansarse. Por ejemplo, en este caso sería una sesión de 2x5min al 80%.

3. Carrera por intervalos (naranja):

Corresponde al 90-105% de la VAM y los tiempos de carrera suelen ser inferiores a 6 minutos, y los tiempos de recuperación son iguales o inferiores al de la carrera. Se pueden distinguir diferentes tipos de sesiones:

- **VAM por intervalos largos:** son series de carrera de distancias variadas, entre 800 y 2000m. La intensidad aproximada es del 95%, la recuperación es igual o inferior al tiempo de trabajo, y el volumen de una sesión puede oscilar entre 4 y 10 km. Por ejemplo, una sesión tipo podría ser 5x1.000m con recuperación de 2 min. Estos esfuerzos desarrollan las capacidades aeróbicas máximas y provocan una fatiga importante, debido al alto índice de ácido láctico.
- **Fartlek:** consiste en alternar ritmos de carrera con cierta libertad.
- **30”-30”:** son ejercicios que alternan carreras de 30 segundos a la VAM y otros 30 segundos de recuperación en carrera lenta. Puede haber variantes como el 30”-20”, 30”-15”, 45”-30”, 30”-45”. Permite trabajar a altas velocidades sin provocar una fatiga importante.

- **VAM tipo:** es el trabajo más utilizado en pista. Suelen ser distancias entre 200 y 600m, la recuperación es igual o inferior al tiempo de trabajo, el volumen oscila entre 3000 y 6000m (10 a 20 min) y la intensidad es del 100% VAM para 500m y 105% para 200 y 300m. Por ejemplo, 10x400m + 50" de recuperación.

4. Carrera fraccionada y la velocidad (rojo):

Se utiliza para mejorar la vía anaeróbica láctica o para mantener la técnica de carrera y dinamismo muscular.

- **Carrera fraccionada (sesión ácida o láctica):** el objetivo es producir más ácido láctico o ser capaz de mantener el trabajo bajo condiciones de acidosis. Son distancias entre 200 y 350m para velocidades de 120-140% VAM. Para distancias de 400m y superiores las velocidades están entre 110 y 120%. Ejemplo de una sesión "ácida" de corta duración: 5x300m + 3min de recuperación. Y una sesión "ácida" de larga duración: 4x500m + 5min de recuperación. Son sesiones difíciles de tolerar por su alta acidosis y la fatiga que provocan y los ejercicios deben detenerse si la técnica de carrera o el ritmo se ven alterados. Por este motivo, este tipo de entrenamientos se realiza en fase de afinamiento o al principio de una sesión láctica y con corredores de medio fondo experimentados.

- **Sesión de velocidad:** desarrollan el dinamismo muscular que suele disminuir con las sesiones de carreras más largas. Se recomienda combinarla con sesiones de carrera. Pueden ser sesiones de velocidad corta o prolongada. Los tiempos de recuperación deben ser suficientes para no disminuir el rendimiento de la velocidad. Es importante tener en cuenta que este tipo de trabajos suelen sobrecargar la musculatura posterior del muslo y los deportistas pueden sentir molestias por varios días. Esto se soluciona con un buen calentamiento, activación y ejercicios de estiramientos.

El límite del diseño de las sesiones de entrenamiento está en la imaginación. Se pueden trabajar todos los colores en la misma sesión si el entrenador lo considera oportuno.

Test para determinar la VAM

Existen muchos test diferentes para establecer la VAM, y los resultados en función de qué test se utiliza pueden dar diferencias que no son significativas. Lo importante es utilizar el mismo test durante toda la temporada de entrenamiento.

- **Test 1. Carrera continua durante 6 min:** la velocidad media durante toda esta prueba será la VAM.
- **Test 2. Test progresivos:** los más utilizados para determinar la VAM. El más conocido es el Test de Leger-Boucher, que consiste en una prueba en una pista de atletismo con conos situados en el suelo cada 50 metros. Cada vez que suena una señal (con dispositivo programado acoplado a una señal en función de la velocidad de paso), el corredor debe encontrarse a la altura de un cono y cada señal sonora corresponde a una velocidad. Progresivamente la velocidad va aumentando y los sonidos van apareciendo cada vez antes. La velocidad a la que el sujeto abandona la prueba representa su VAM. **Es recomendable que la prueba no dure más de 20**

o 25 minutos, por ello es necesario comenzar con una velocidad acorde al nivel del sujeto.

Determinar el umbral anaeróbico

Para paciente cardiológicos habría que determinar el umbral aeróbico, generalmente situado entre el 50-75% del VO2max, para prescribir el entrenamiento por debajo de esta intensidad (Ver capítulo 3),. Por lo general, este umbral corresponde a una velocidad que se puede mantener **entre 30 minutos y una hora.** Por ejemplo, realiza una sesión de 2x20min de carrera rápida y mantenida. Este tiempo y la distancia recogida dan lugar a la velocidad, y ésta se considera el umbral aeróbico.

Transformar energía: existe 3 grandes vías energéticas por las cuales nuestros músculos puede trabajar:

- **Vía aeróbica:** utiliza el oxígeno de la atmósfera como fuente de energía y teóricamente no genera fatiga.
- **Vía anaeróbica láctica:** utiliza el ácido láctico que limita el rendimiento.
- **Vía anaeróbica aláctica:** no utiliza ni oxígeno ni lactato pero sólo se puede utilizar durante algunos segundos.

Estas vías son activadas en función de la intensidad y duración del ejercicio. Para simplificar: a mayor intensidad, más fatiga y menor duración del ejercicio.

Zonas de entrenamiento

Mientras corremos, utilizamos sistemáticamente las vías aeróbicas y anaeróbicas. Cuando cambia la intensidad, también lo hace el porcentaje de utilización de cada vía. La VAM y el umbral aeróbico son dos momentos claves en la relación aeróbica-anaeróbica y para el entrenamiento.

- **VAM:** a mayor velocidad corriendo, mayor cantidad de oxígeno es consumido. Esta relación se cumple hasta que el consumo de oxígeno ya no puede seguir aumentando, y la velocidad a la que corresponde ese momento se denomina VAM. Toda aceleración más allá de esta velocidad, exigirá el uso de la vía anaeróbica. Este ritmo puede ser mantenido 6-7 minutos, y el 86% de la energía es aeróbica y el 15% es anaeróbica. Los ritmos de carrera para el entrenamiento, son mencionados en % de la VAM. Por ejemplo: carrera de 45 min al 70% de la VAM.

- **Umbral anaeróbico:** Implica un equilibrio entre la producción de lactato y el lavado del mismo como fuente de energía. Por encima de esta velocidad el ejercicio cesaría rápidamente debido a la acumulación de lactato. Este umbral puede ser mantenido de 30 min a una 1 hora, y se corresponde con la carrera continua rápida.
- **Carrera lenta:** se utiliza como calentamiento y recuperación o desarrollo de las capacidades aeróbicas.
- **Carrera fraccionada:** las velocidades superiores al umbral exigen el uso de la vía anaeróbica. Sobre todo se utiliza para corredores de distancias inferiores a 5000m.
- **Preparación del entrenamiento:**

  1. **Conocer los puntos fuertes y débiles** del deportista tanto a nivel físico como psicológico (velocidades, distancias, motivación, sinceridad, responsabilidad...), y también su trayectoria deportiva.

  2. **Tener claro los objetivos del entrenamiento a realizar.** Se recomienda no aumentar más de un 10-20% la cantidad de entrenamiento con respecto al año anterior.

  3. **Conocer las exigencias de la disciplina deportiva.** Lo ideal es que las cualidades del deportista coincidan con las exigencias requeridas del deporte. Si no es así, no supone un problema significativo porque se pueden trabajar los puntos débiles y establecer objetivos que permitan su mejora.

Planificación

- Situar en el calendario las carreras-objetivos.
- Calcular los días, semanas o ciclos que hay de margen hasta el objetivo principal.

Programación

- Que tipos de trabajos se realizarán al principio, y al final de las semanas de preparación.
- Qué tipos de trabajos se realizarán para reducir los puntos débiles.
- Qué tipo de progresión se realizará.

Por lo tanto, se planifica y se programa **en función de la competición y de los puntos fuertes y débiles** del deportista.

	CARRERA LENTA	CARRERA MEDIA	CARRERA RÁPIDA	CARRERA POR INTERVALOS	CARRERA FRACCIONADA
Velocidad (%VAM)	50	70	85	100	110
Tiempo	3h	3h	45´-1h	6-7´	5´
Distancias	raid	Maratón	Media maratón	2-3km	1500m
Velocidad	8-9 km/h	10-11	12-13	15	16
Vía energética	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Anaeróbica	Anaeróbica

Etapa 2. Tomado de ejemplo de www.Volodalen.com

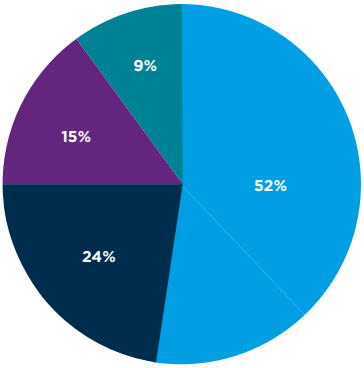
Análisis del entrenamiento

Se establecen **3 periodos:** preparación general, preparación orientada y específica.

El objetivo es **cuantificar los entrenamientos realizadas para obtener grandes tendencias.** El análisis se realiza teniendo en cuenta los **tiempos** y las **velocidades de carrera,** pero también puede realizarse en función de la FC, RPE...

- **Etapa 1:** cantidad total de entrenamiento. Se trata de cuantificar el tiempo empleado o las distancias recorridas en la sesión. Ofrece buena información sobre ciclos de mayor o menos volumen con más o menos recuperación.
- **Etapa 2:** velocidades. Normalmente los ritmos son expresados en km/h, km/min o en % de la VAM. Se recomienda tener como referencia la tabla anterior de las zonas de entrenamiento.
- **Etapa 3:** cantidad de entrenamiento a cada velocidad. Se trata de recoger los tiempos y las distancias a cada velocidad.
- **Etapa 4:** reparto de las zonas de entrenamiento. Así se puede observar el tiempo empleado en cada intensidad o velocidad o zona de entrenamiento. Resulta

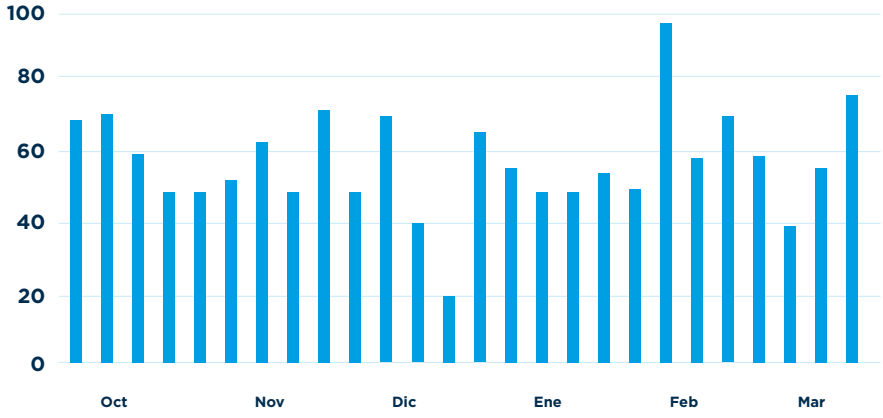
útil para comparar ciclos de entrenamiento entre ellos.



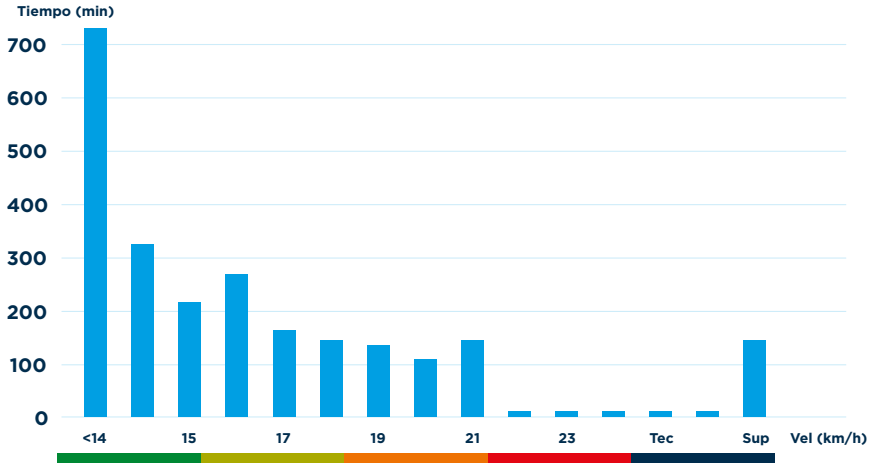
Etapa 4. Tomado de ejemplo de www.Volodalen.com

- **Etapa 5:** intensidad, volumen y recuperación de un vistazo. Resulta útil para poder observar cómo es la organización de estos 3 parámetros de la carga en el entrenamiento.
- **Etapa 6:** Resumen. Se trata de observar si el deportista se adapta a las exigencias del entrenamiento. Hacemos una comparación entre la carga interna (RPE por ejemplo o FC) y la carga externa (distancia recorrida, velocidad).

Todos estos métodos de análisis deben **permitir saber**, no sólo cómo ha entrenado el deportista, sino **cómo ha reaccionado al entrenamiento.** La forma de evaluar las sesiones puede ser subjetiva a cada persona, y además existen varias formas de analizar, siendo lo más importante mantener el mismo estilo de análisis e interpretación.



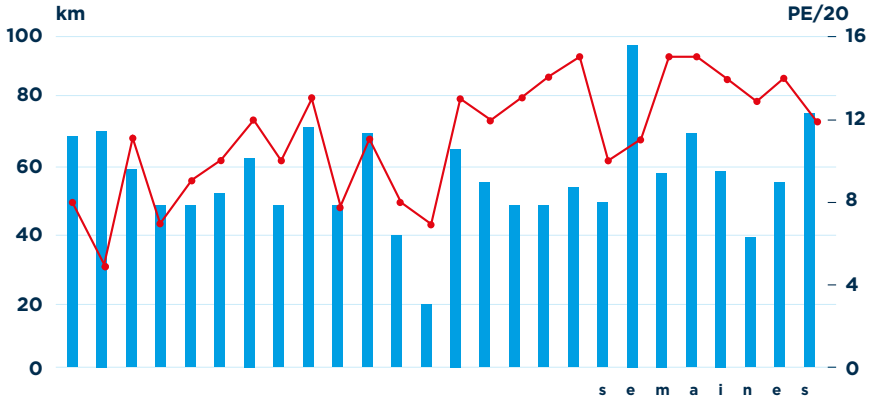
Etapa 4. Tomado de ejemplo de www.Volodalen.com



Etapa 3. Tomado de ejemplo de www.Volodalen.com

	20′	25′	30′	35′	40′	45′	50′	55′	1h	1h05′	1h10′	Total	x
20.0													
19.5													
18.9													
18.5													
18.0													
17.6													
17.1													
16.7				I									
16.4	I												
16.0		I											
15.7		I						I					
15.3				I									
15.0								IIIIIIII	II				
14.7			I					IIII	II				
14.4								II	III				
14.1	IIIIIIII							II	I				
13.8	IIIIIIIIIIIIIIII		IIIIIIII				II		III				
13.6	IIIIIIIIIIIIIIII		IIIIIIII	II									
13.3	IIIIIIIIIIIIIIII	II	IIIIIII	II	II		II						
13.1	IIIIIIII		IIIIIII	IIIIIII	IIIIIII	III	II			III			
12.9		I	IIII		IIIIIII								
12.6			IIIII										
12.4													
12.2	IIIIIIIIIIIIIIII												
12.0	IIIIIIIIIIIIII												
Total													

Etapa 5. Tomado de ejemplo de www.Volodalen.com



Etapa 6.

Fuerza y movimiento

Moverse es característico de todos los animales. **La fuerza** es una cualidad física que **disminuye progresivamente** desde los primeros segundos confirme avanza el ejercicio. Un estudio realizado por Södelund, Greenhaff et Hultman (1992) demostró que el vasto interno **no era capaz de desarrollar más del 90% de su fuerza máxima a partir de los 20 segundos** de electroestimulación. La fuerza disminuye con el tiempo, pero el organismo se adapta para que la fuerza pueda seguir produciéndose.

3 factores que influyen en la generación de fuerza por parte del músculo:

- **Estiramiento:** el músculo y su tejido conectivo tienen propiedades elásticas. Cuando se estiran, almacenan la energía que es liberada cuando comienza la contracción muscular. En reposo, el músculo está muy ligeramente estirado, y para realizar una acción de fuerza máxima, el músculo necesita estar estirado aproximadamente al 20% con respecto al estado de estiramiento en reposo. Más allá de este 20% óptimo, la fuerza desarrollada es menor.
- **Ángulo:** la fuerza desarrollada depende también del ángulo de la articulación. Por ejemplo, el bíceps realiza más fuerza cuando el ángulo del brazo es de 90º que cuando es un ángulo mayor.
- **Velocidad de contracción:** en una contracción

concéntrica (aproximación de los segmentos articulares), a mayor velocidad de ejecución, menor fuerza desarrollada. En contracciones excéntricas (separación de los segmentos articulares), es al revés.

Cabe señalar que **la fuerza máxima, está directamente correlacionada con el nº de fibras tipo II** (FT o rápidas). Cada especialidad deportiva está relacionada con la proporción y el tipo de fibras musculares. Por ejemplo, un velocista de 100m tiene el 75% de fibras II y un maratoniano sólo tiene el 20%. Por supuesto que, también existen otros factores influyentes para destacar en un deporte (coordinación, técnica, mentalidad...). Todos los grandes velocistas tienen un alto porcentaje de fibras II, pero no todas las personas que tienen un alto porcentaje son grandes velocistas. Las fibras rápidas (II) permiten al músculo de realizar más fuerza y más rápido. **Las fibras lentas, tipo I, desarrollan fuerza más lentamente.**

Transformación de los alimentos en energía

La energía permite al cuerpo a realizar un trabajo mecánico o similar. Se considera que la energía no se crea ni se pierde, sino que se transforma. Se puede cuantificar por **calorías o kilojulios**. Los alimentos que ingerimos pueden ser descompuestos en numerosos sustratos. Sin tener en cuenta los minerales y vitaminas que no intervienen directamente en la producción de energía, los alimentos son descompuestos en 3 grandes categorías: Grasas, glúcidos y proteínas. Estos nutrientes destacan por sus propiedades energéticas. Las grasas y glúcidos son las fuentes de energía por excelencia para el ejercicio. La gran mayoría de la energía está almacenada como grasa, por motivos de supervivencia.

- **Glúcidos**: La glucosa es la principal fuente de energía para pruebas de 100m a medias maratones. En el músculo, la glucosa se almacena en forma de glucógeno, y el agotamiento aparece cuando estas reservas de glucógeno muscular, y también hepático y nivel de glucosa en sangre se agotan. Además del agotamiento, la **falta de este sustrato** provoca **desorientación, dificultad para concentrarse,** posibles **mareos, falta de coordinación, y el ejercicio debe detenerse o disminuir** considerablemente su intensidad.

Otros músculos del cuerpo conservan sus niveles de glucógeno durante el ejercicio, aunque la fatiga haya aparecido, y lo ideal sería **utilizar esas reservas en otros músculos inactivos,** pero no se pueden utilizar cuando el músculo no está movilizado. Además, el glucógeno hepático no puede ser utilizado inmediatamente. La fatiga es inevitable. Esta fatiga se le denomina **periférica.** La fatiga central proviene de ciertos desequilibrios a nivel del cerebro. Por ejemplo, la hipoglucemia es de origen central, cuando el cerebro detecta que los niveles de glucosa en sangre han disminuido y manda esta señal de alarma para disminuir el consumo energético para el ejercicio e ingerir alimentos azucarados.

Los **niveles de glucógeno** son determinantes para los atletas de resistencia. Por ejemplo, a velocidad media, 100g de glucógeno permiten correr menos de 30 minutos. La reserva muscular oscila entre 9 y 18 g por kilogramo de músculo. Aproximadamente, el **40% del peso total del cuerpo humano es músculo,** pues podemos calcular que disponemos de alrededor de 300g de reserva total de glucógeno. Aunque es importante tener en cuenta, como hemos dicho anteriormente, que **no es posible utilizar todos esos gramos de reserva,** porque los músculos inactivos no pueden liberar esa energía.

La velocidad de carrera y los cambios de ritmo, fomentan significativamente el uso de **glúcidos como sustratos energéticos,** ya que son liberados rápidamente para su uso. Con el entrenamiento, el cuerpo es capaz de sustituir el consumo de glúcidos por el de grasas. Por ejemplo, un corredor profesional de larga distancia, a la misma velocidad, consume menos glucógeno que un corredor principiante. En cualquier caso, este sustrato es importante para deportes de larga duración. El glucógeno permite de correr rápido, y las grasas permiten de correr mucho tiempo.

- **Grasas:** su implicación depende de la intensidad y duración del esfuerzo. **A menor intensidad, mayor uso de los lípidos como fuente de energía.** Su implicación máxima aparece en velocidad por debajo del umbral aeróbico donde pueden llegar a presentar el 90% de la energía utilizada, y el 10% serían glúcidos. Estos nutrientes se consumen como energía desde los primeros minutos del ejercicio y aumentan

a medida que aumenta su duración. Las reservas de grasas permitirían correr casi indefinidamente, sabiendo que en una maratón de 3-4 horas, un deportista consume alrededor de 300g de grasas, y sus reservas son superiores a 10kg. La proporción media de grasas en el hombre es de alrededor 15% y en mujeres 20%, y con el entrenamiento pueden disminuir hasta 5% y 10% para hombres y mujeres respectivamente. Esta adaptación se produce con un entrenamiento a media intensidad y larga duración, pero el efecto negativo que tiene esta forma de entrenar, es que se pierde la aptitud de correr rápido, a partir del 6º -9º mes. La FC baja, la FC en reposo es muy baja, el sujeto perdería capacidad para producir lactato, sus capacidades anaeróbicas disminuirían y no sería capaz de rendir en cambios de ritmo.

- **Proteínas:** son nutrientes estructurales, y son los elementos sobre los que descansa nuestro cuerpo. Su objetivo es la restauración y construcción del organismo. En un ejercicio prolongado, el nivel de aminoácidos (unidades que conforman las proteínas) ramificados en sangre bajan, elevando así los niveles de triptófano y serotonina (aminoácido esencial y su derivado, respectivamente) y provocando fatiga y sueño después del ejercicio.

Fisiología y entrenamiento

Las tres grandes vías energéticas, ya mencionadas, son la vía aeróbica, anaeróbica láctica y anaeróbica aláctica. Es importante saber que las se suceden la una a la otra, e incluso se solapan **(Figura 1).** Primero se activa la vía anaeróbica aláctica (sistema de fosfágenos), tras 20 segundos de ejercicio, llegaría la vía anaeróbica láctica que acabaría con las reservas de ATP y PC, y tras dos minutos de ejercicios, llegaría la vía aeróbica. Primero participan las vías anaeróbicas debido a que transforman los sustratos y suministran la energía más rápidamente, porque no necesitan oxígenos para funcionar. Gracias a esta velocidad en suministrar energía, **el cuerpo es capaz de llegar a velocidades superiores a las VAM.**

Durante los primeros segundos de ejercicio muscular intenso, el ATP (Adenosín Trifosfato) se mantiene a un nivel estable, sin embargo, la fosfocreatina (PC) disminuye para regenerar ATP. Tras varios segundos de sprint, los niveles de ATP están al 80% de sus valores de reposo. Estos valores bajos

de ATP y PC provocan fatigan en el atleta. El entrenamiento de la velocidad no permite aumentar los niveles de ATP y PC; sólo permitiría aumentar la depleción de PC. Eso significa que aumentaría la fuerza muscular en esos esfuerzos iniciales de velocidad. Carreras de velocidad más largas (30 segundos) aumentaría la degradación de PC y ATP y así aumentar el flujo energético **(Figuras 2).**

- **Entrenamiento de potencia:** está asociados a esfuerzos cortos, de unos 300m y a velocidad máximas. Aumenta la cantidad de energía liberada en ausencia de oxígeno, aumentando así los niveles de lactato. El objetivo es fomentar la aptitud del músculo para producir energía a pesar de las condiciones ácidas.

- **Entrenamiento de capacidad:** mejora la capacidad del lavado del lactato (expulsión al exterior de la célula) y su metabolismo para su uso como fuente de energía. Por lo tanto, la adaptación de este tipo de entrenamiento sería de un menor nivel de lactato en músculo a una misma velocidad de producción. Este efecto se le denomina la capacidad tampón. Según Sharp et al. (1986), 8 semanas de entrenamiento basado en la repetición de esfuerzos de 30 segundos aumentaría de 12 a 150% la capacidad tampón del lactato.

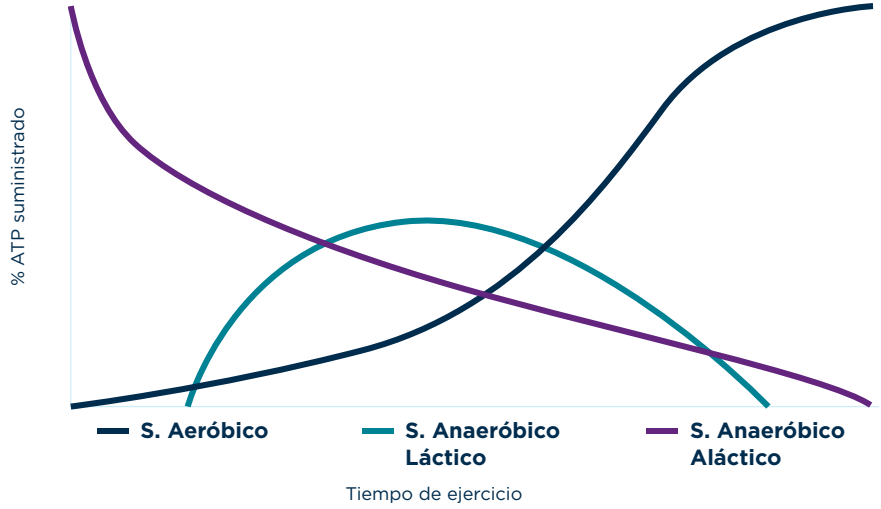


Figura 1. Esquema del sistema energético.

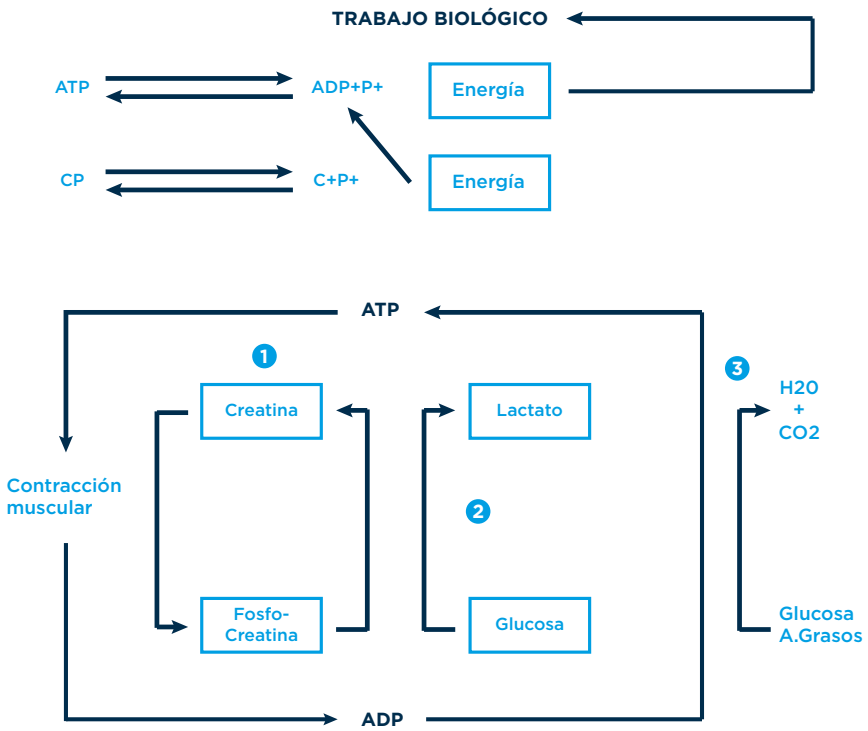


Figura 2. Esquemas del proceso de generación de energía en los primeros momentos y su acoplamiento al metabolismo de glucosa.

Consumo de oxígeno

Nuestro cuerpo absorbe el oxígeno (O_2) del ambiente y expulsa CO_2. Este intercambio de gases se llama consumo de oxígeno (VO_2) y expulsión de CO_2 (VCO_2). Las unidades de medidas son l/min, ml/min/kg y l/km.

En reposo, consumimos una cantidad de O_2 y cuando hacemos ejercicio, esa cantidad aumenta. El VO_2 aumenta de forma lineal con respecto al aumento de la intensidad de un ejercicio progresivo, hasta que llega a una meseta donde no aumenta más a pesar de que la intensidad del ejercicio sigue aumentando. Ese nivel corresponde al VO_2max. Por encima de este nivel, toda energía proviene de la vía anaeróbica láctica. Al principio del ejercicio, el VO_2 aumenta rápidamente y luego su aumento se va ralentizando.

Existen varios protocolos que miden el VO_2 asociado a diferentes velocidades de carrera. Normalmente se realizan en laboratorio y el sujeto corre sobre una cinta de correr mientras se le analizan los gases **(ver capítulo 3).**

- **VO_2 max:** es un indicador de la aptitud aeróbica y presenta una fuerte correlación con pruebas de 800m hasta una maratón. A mayor VO_2, mejores tiempos en carrera por parte del atleta, por supuesto teniendo en cuenta otros factores (economía de carrera, técnica, mentalidad..)
- **VAM:** es aquella velocidad en la que VO_2 no aumenta más significativamente. A partir de esta velocidad, la intensidad de carrera comienza a disminuir.

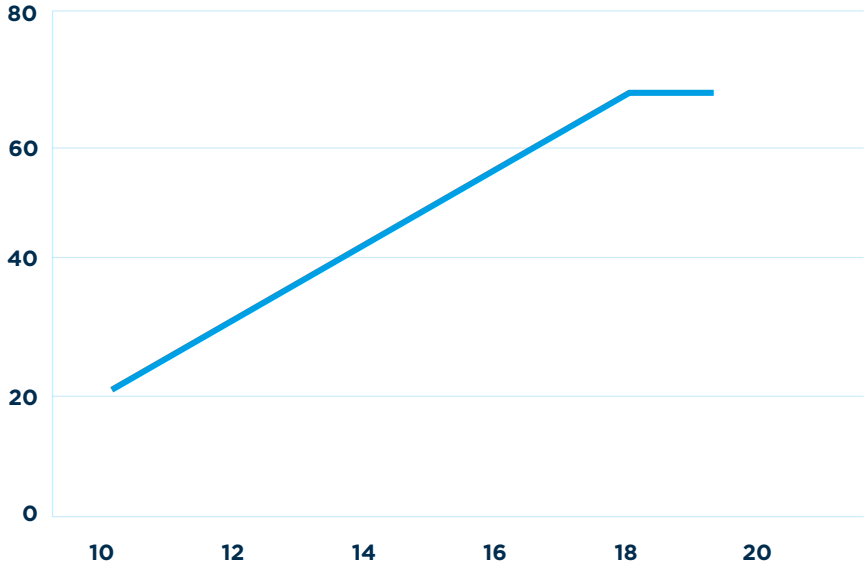


Figura 3. Representación de la evolución del VO_2 en función de la velocidad de un ejercicio.

Efectos del entrenamiento sobre el VO_2

El entrenamiento aeróbico aumenta el VO_2 max. Los corredores de nivel mundial llegan a tener valores dobles con respecto a una persona normal. Los valores máximos encontrados en hombres son superiores a 90 ml/min/kg y 75 en mujeres. La media de la población se sitúa alrededor de 40 ml/min/kg. Según Norris y Petersen (1998), el entrenamiento mejora la velocidad del intercambio gaseoso entre el organismo y el ambiente. Además, también mejora la economía de carrera sabiendo que a la misma velocidad, un sujeto entrenado tiene valores de VO_2 inferiores que un sujeto no entrenado.

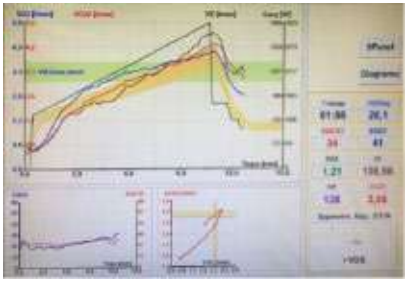


Figura 4. Curva de deportista de medio fondo que alcanza 57 ml/kg/min. Se observan curvas similares de O_2 y CO_2, que en un momento se cruzan coincidiendo con el umbral anaeróbico

El VCO_2 también aumenta de forma lineal con respecto a la intensidad del ejercicio hasta un punto en que su aumento se ve reflejado de forma más significativa reflejando así una expulsión mayor de CO_2 debido a la alta intensidad del ejercicio.

Efectos del entrenamiento sobre el sistema cardíaco, circulatorio y respiratorio

- Aumenta el volumen sanguíneo.
- Aumenta el número y densidad de los capilares de las fibras musculares.
- Aumenta la superficie de intercambio de gases entre pulmón y sangre.
- Aumenta el volumen respiratorio (capacidad vital).
- Disminuye la FC de reposo.

Efectos del entrenamiento sobre el músculo:

- Eleva la cantidad de mioglobinas.
- Eleva el número y talla de las mitocondrias.
- Eleva la cantidad y la actividad de las enzimas del ciclo de Krebs.
- Eleva la cantidad de glucógeno almacenado.
- Eleva la tasa de triglicéridos musculares.

Además, el entrenamiento favorece la transformación del glucógeno en glucosa, la liberación de lípidos, reduce la masa grasa, mejora la densidad ósea, fortalece los ligamentos, tendones y cartílagos.

Sin embargo, si se entrena a un nivel por debajo de la VAM, los efectos serías los siguientes:

- Estabilización o ligera reducción del VO_2.
- Menor ventilación.
- Reducción de la FC pero un aumento del volumen sanguíneo expulsado a cada latido.
- Ligera disminución del volumen sanguíneo suministrado a los músculos activos pero una mejor extracción del O_2 contenido en sangre.
- Mayor uso de lípidos como fuente energética.
- Reducción de la producción de ácido láctico.

Según un estudio hecho por Houston et al. (1979) se confirmó que dar descanso pasivo de 15 días a los corredores de alto nivel disminuye significativamente el rendimiento, el VO_2max, la actividad de las enzimas aeróbicas y anaeróbicas y el tiempo de carrera a una intensidad fija inferiores al VO_2 max. Estos autores recomiendan que es preferible reducir el entrenamiento, en lugar de dar descanso total. Por otro lado, Hickson et al. (1982) recomienda bajar el volumen y la frecuencia del entrenamiento pero manteniendo la misma intensidad. Sin embargo, es recomendable, también, dar **descanso pasivo** a los deportistas de vez en cuando por **dos motivos:**

- **Psicológicos:** el deportista puede volver con mucha motivación a los entrenamientos tras un periodo de descanso. En lugar de detener el entrenamiento por completo, se recomienda practicar otros deportes para así mantenerse activo.
- **Biológicos:** mejora la regeneración y plasticidad del organismo.

Efectos de la carrera rápida: Eleva el volumen sanguíneo expulsado en cada latido, regulación y conservación del glucógeno debido a la activación de la oxidación de lípidos y un ajuste de la producción de lactato.

Efectos de los intervalos cortos a la VAM: Aumenta la capacidad aeróbica de las fibras musculares (aumento del número y tamaño de

las mitocondrias, enzimas y aumento de la densidad capilar) y aumenta la cantidad y disponibilidad de la mioglobina.

Efectos de los intervalos largos a la VAM: Aumenta la capacidad aeróbica del corazón, mejora de los sistemas de utilización y almacenamiento de glucógeno y mayor eficacia de los sistemas de lavado de lactato.

Entrenamiento en altura

En **altitud,** la concentración de los gases es menor y la presión del aire es menor. Esto provoca que existe **menos resistencia en el aire para avanzar,** lo cual facilita el desplazamiento, pero también supone un factor limitante porque la cantidad de oxígeno que puede ser utilizada es menor.

Aproximadamente, **el O_2 supone el 21% de los gases presentes en el aire.** Por ejemplo, sobre el nivel del mar, la presión del aire y del oxígeno son de 760 y 150 mmHg, mientras que en la cima del Everest es de 250 y 43 mmHg, respectivamente. **Esta disminución de la presión del O_2 se ve reflejada en todo el organismo:** pulmones, sangre y tejidos musculares. El oxígeno es un elemento a través del cual el organismo produce energía para su supervivencia y para la capacidad de acción. Menos O_2 significa menos energía y por lo tanto menor capacidad de acción o movimiento.

En **altura**, el rendimiento anaeróbico **es mayor que el rendimiento aeróbico debido a la menor cantidad de O_2.** En los JJOO de México, que está situado a 2.200m sobre el nivel del mar, los records mundiales en pruebas de hasta 800m fueron igualadas o superadas, mientras que en las pruebas de mayor distancia, los tiempos fueron entre 2 y 15% inferiores.

Además, el VO_2 también se ve reducido en altura. Como ejemplo extremo, un alpinista que alcanza la cima del Everest sólo es capaz de utilizar menos del 20% del O_2 disponible en condiciones normales, que es la cantidad similar a la necesitada para estar sentados en el sofá viendo la televisión. Es por ello, que los enfermos de corazón tienen limitada su estancia a partir de determinadas alturas, en función de la gravedad de su patología.

¿Por qué entrenar en altura?

Como método de supervivencia, el organismo buscará siempre la forma de mantener un aporte suficiente

de O_2. Esta situación ocurre si las necesidades de O_2 aumentan debido al ejercicio, o si el aporte es menor debido a estar en altura. En ambos casos, ante la adaptación, el organismo mejorará sus capacidades de captar, transportar y consumir el O_2.

- **Organización el entrenamiento en altura:** debe tenerse en cuenta que la altura supone un estrés adicional al ejercicio, por ello es importante planificar correctamente las sesiones de entrenamiento reduciendo la velocidad y el volumen entre 5-10%.
- **Periodo 1:** de 0 a 6 días es la fase de aclimatación, donde predominan los ejercicios de marcha y carrera lenta.
- **Periodo 2:** la fase de entrenamiento que suele durar 3 semanas. Las primeras 2 semanas, la carga se aumenta progresivamente y a la última semana las exigencias del entrenamiento son casi idénticas a las que sea realizan en condiciones normales.
- **Periodo 3:** disminución del entrenamiento para prevenir un exceso de estrés.

Posibles problemas

En ocasiones, algunas personas no logran aclimatarse a la altura sufriendo **alteraciones del sueño, dolores de cabeza, mareos, sensación de vértigo, dificultad visual, oídos taponados, problemas digestivos, deshidratación, palpitaciones cardíacas, dificultades respiratorias**, o en casos extremos, **el edema de pulmón,** menos frecuente pero para tener en cuenta. Estos síntomas se conocen como el **mal de altura.**

Vivir en altura y entrenar abajo

Permite **aumentar la carga** de entrenamiento y el organismo **se adapta a las condiciones de altura**. Según muchos autores, este método es el único beneficioso para el deportista, sabiendo que la tasa de glóbulos rojos, la producción de EPO (proteína necesaria para la producción de glóbulos rojos) y el VO_2 max se verían aumentados.

Existen muchas formas diferentes de entrenar y vivir en altura en busca del mejor rendimiento del deportista. En conclusión, es posible que un entrenamiento bien gestionado en altura, o a alturas medias (800 a 1200m) o a nivel del mar y vivir en altura pueden mejorar el rendimiento aeróbico.

De todas formas, es importante tener en cuenta, que un entrenamiento bien planificado, con sesiones de recuperación y alimentación adecuados, y un buen entorno del deportista, más su personalidad enfocada al rendimiento deportivo, ya sea en altura o al nivel del mar, va a asegurar un buen rendimiento. La altura supone una **técnica suplementaria** que puede ser útil para el deportista experimentado, pero que sin las características básica del entrenamiento que acabamos de mencionar, no sería de utilidad.

Ácido láctico y entrenamiento

Sus valores en sangre aumentan de forma progresiva con un **ejercicio de tipo progresivo.** Al principio del ejercicio, el aumento es poco significativo, pero en las fases finales donde la intensidad es muy alta, el aumento es exponencial. Con el entrenamiento, **los valores de lactato en sangre disminuyen frente a la misma intensidad,** por lo tanto, aumenta más tarde y a una mayor intensidad del ejercicio. El umbral láctico, se define como aquella velocidad de un ejercicio por encima de la cual los valores de lactato aumentan exponencialmente.

Además, el lactato es una fuente de energía que puede transformarse en glucosa o glucógeno. Alrededor del 15-20% del lactato total producido se transforma en fuente de energía, sobre todo por los músculos compuestos por fibras lentas tipo 1 donde predomina el metabolismo aeróbico. La **capacidad de "lavado"** o **transformación en fuente energético** de ácido láctico es determinante para el **rendimiento.** Si durante la carrera, el nivel láctico aumenta demasiado, significa que no tenemos la capacidad suficiente de "lavarlo".

Frecuencia cardíaca y entrenamiento

Se utiliza frecuentemente para evaluar el gasto energético y la intensidad de los ejercicios, y supone numerosos beneficiosos debido a que no requiere demasiado material, no es invasivo y puede ser utilizado todos los días cómodamente.

Su aumento es proporcional al aumento de la intensidad de un ejercicio progresivo hasta los valores máximos que son próximo a la **simple fórmula de 220-edad. (Figura 5)**

En la siguiente gráfica, observamos la evolución de la FC en carrara continua rápida al 85% de la VAM **(Figura 6).** La estabilidad de la FC depende de la intensidad

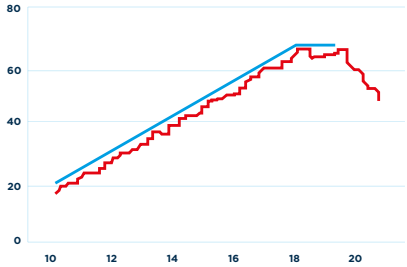


Figura 5. Evolución de la frecuencia cardiaca en una prueba incremental, hasta que llega a un punto en que no aumenta más, aunque sigamos aumentando la velocidad. Al final de la prueba la frecuencia cardiaca cae, más o menos rápido en función de la preparación física del deportista.

del ejercicio. En una carrera de intensidad media, la estabilidad se logra en 4 min aproximadamente. La

Figura 6. Evolución de la FC en carrara continua rápida al 85% de la VAM.

estabilidad es sinónimo de una buena adaptación del sujeto al esfuerzo.

A continuación observamos la evolución de la FC en un ejercicio fraccionado de tipo 2x(6x300m) al 110% de la VAM **(Figura 7).**

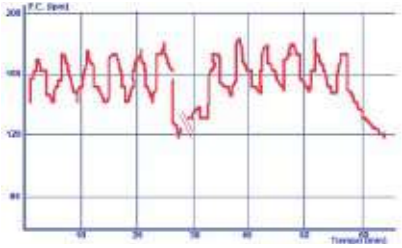


Figura 7. Evolución de la frecuencia cardiaca en entrenamiento interválico.

La FC sirve para fijar y controlar el esfuerzo realizado, por ejemplo, asegurando que el sujeto corre a unas determinadas pulsaciones/min. Para ello es necesario conocer la FC máxima, a través de una prueba de esfuerzo progresiva o con la fórmula 220-edad. También se puede utilizar el método Karvonen con la siguiente fórmula:

F.C.reserva = F.C.reposo + % (F.C.max – F.C.reposo)

Los test progresivos asocian cada FC a cada velocidad de carrera. Por ejemplo, si un sujeto se detiene al nivel de 20km/h (100% VAM), y se observa que a 16km/h (80% de VAM) su FC era de 170. Sabemos que para correr al 80% de su VAM, debe fijar su FC a 170 ppm. La FC disminuye fácilmente con el entrenamiento, por lo tanto los tests basados en la FC deben reevaluarse cada 4-6 semanas.

Detalles sobre la FC para tener en cuenta durante una sesión de entrenamiento:

- Su velocidad de transición de FC de reposo a FC del ejercicio.
- El nivel de FC alcanzado a cada velocidad de carrera.
- El aumento de la FC en una carrera continua.
- Velocidad de recuperación, es decir, en cuánto tiempo disminuye la FC cuando finaliza el ejercicio.

Una respuesta más suave del sistema cardíaco es sinónima a que el impacto del ejercicio sobre el organismo ha sido leve. Sabemos que el ejercicio provoca un impacto sobre el organismo, y éste impacto **depende de las características del ejercicio y del estado del sujeto.** Cuando esto ocurre, es importante saber si es debido a un buen estado físico del deportista o si es debido al ejercicio que tiene una insuficiente carga externa.

En un test progresivo, un sujeto entrenado tendrá una curva de aumento de la FC mucho menos acentuada y el punto de inflexión será más tarde. Para observar la evolución cardíaca de un sujeto, basta con realizar un **test de este tipo antes y después de un periodo de entrenamiento** y así observar si existen mejoras en la aptitud aeróbica. Esto significa que un sujeto bien entrenado tendrá una FC menor que un sedentario si corren a la misma velocidad.

También, un sujeto entrenado tardará menos en alcanzar la estabilidad de la FC en carrera y tendrá una recuperación y disminución de la FC más rápida. Por lo tanto, se adapta mejor a las exigencias de la situación. En la siguiente gráfica observamos la recuperación de la FC antes de un periodo de entrenamiento y después. Observamos claramente que el sujeto entrenado reduce su FC más rápidamente, por lo tanto se recupera antes.

La FC de reposo también se ve afectado por el entrenamiento, reduciendo su nivel. El mejor momento para controlarla es antes o después de dormir, y es necesario saber que su valor es sensible a la posición del sujeto (tumbado, de pie o sentado).

4 situaciones pueden darse en el post-entrenamiento:

- **FC baja y buenas sensaciones:** es la mejor situación para el deportista. Significa que la sesión ha tenido efectos positivos sobre el rendimiento aeróbico.

- **FC baja y malas sensaciones:** el ejercicio ha sido exigente y el sujeto está cansado. Esto puede dar lugar al sobre-entrenamiento a medio plazo.
- **FC alta y buenas sensaciones:** suele ocurrir en fases de vuelta al entrenamiento, donde el sujeto está motivado pero no tiene un buen estado físico y por lo tanto se cansa más. También podría dar lugar al sobre-entrenamiento a medio plazo.
- **FC alta y malas sensaciones:** el sujeto no está en forma, debido a una posible etapa demasiado larga de inactividad. Es preciso modificar el entrenamiento y dar reposo.

Las **personas entrenadoras** tienen, como ya ha sido mencionado anteriormente, una **FC menor** ya que tienen un mayor volumen sanguíneo por cada contracción cardíaca. El ciclista Indurain habría tenido una FC de reposo de 28 ppm. Y la población media **suele tener alrededor de 80 ppm**. Estas adaptaciones provocan, además, que el corazón aumente su tamaño anatómico, **hasta un 25% más que un sedentario.** Por lo tanto, el corazón de un deportista de élite está más grande y más fuerte, siendo capaz de mandar más grande, hasta el doble que un sedentario, en cada contracción, y además más rápido. **Si el deportista deja de entrenar, con el tiempo el corazón vuelve a su estado inicial.**

Es importante tener en cuenta, que la FC no es un buen indicador del rendimiento de esfuerzos anaeróbicos, ya que **el corazón tiene un límite de velocidad de contracción.** Es una herramienta de medida útil para intensidades similares o inferiores al VO_2 max, pero no para intensidades superiores. Un estudio realizado por Kindermann et al. (1975), demostró que durante 4 ejercicios diferentes (6x300, 16x500m, 3x2400 y 12km), la FC del sujeto era muy similar (182, 177, 175 y 177 ppm), mientras que las tasas de lactato eran completamente diferentes en función de cada prueba (15.8, 8.8, 6.02 y 4.87 mmol/l).

Además, **existen factores externos que pueden influir en la FC durante el ejercicio,** como por ejemplo el calor, que la aumenta. También la alimentación, la presión atmosférica, la humedad, altura, las emociones. por ello es importante no interpretar posibles variaciones de la FC como alteraciones del organismo ante el entrenamiento, sino que sería por motivos externos que deben ser controlados.

La FC es un indicador muy individual, y la FC puede variar mucho en función de cada persona. A la fórmula 220-edad es útil (hay otras fórmulas más o menos similares) y está validada pero existen muchos casos en los que personas de la misma edad tiene diferentes FC max. La forma más precisa de averiguarla es con un **pulsómetro y realizando una prueba de esfuerzo progresiva hasta el agotamiento.** También existe el método "antiguo" de percibir los latidos con los dedos situados en el cuello (arteria carótida) o en la muñeca (arteria radial) durante 6, 10 o 15 segundos y multiplicar la cifra para conocer los latidos por minutos. **Pueden existir errores de 1 a 5 pulsaciones,** es inevitable y normal.

Percepción del esfuerzo

La percepción subjetiva del esfuerzo. tal v como se ha comentado en capítulos anteriores, supone la interpretación psicológica de la intensidad de un ejercicio o sesión de entrenamiento. El objetivo es **evaluar el impacto del ejercicio sobre el organismo desde un punto de vista subjetivo.** Existen varias escalas de percepción del esfuerzo cifradas en **6, 15 o 21 puntos** y se basan en preguntar al deportista sobre sus sensaciones durante el ejercicio señalando, con sinceridad, un punto.

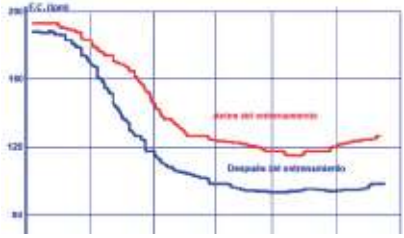


Figura 8. Evolución de la frecuencia cardiaca en entrenamiento interválico.

Este tipo de cuestionarios están validados científicamente. En esfuerzos progresivos, la evolución de la percepción del esfuerzo (PE) es proporcional al aumento de la intensidad del ejercicio **(figura 8, azul)**. En ejercicios continuos, los valores de la PE se elevan rápidamente en los primeros minutos y en los momentos finales el aumento es menor **(figura, 8 rojo).**

Además, cabe destacar que la PE está íntimamente relacionado con los valores biológicos que marcan la exigencia que un ejercicio tiene sobre el organismo (lactato, FC, ventilación, VO_2). Su aumento es paralelo a los de la PE **(figura 9).**

En resumen, la PE es un indicador **"manejable"** de la intensidad del entrenamiento

1	
2	Muy fácil
3	
4	
5	
6	Fácil
7	
8	
9	
10	
11	Medio
12	
13	
14	
15	Difícil
16	
17	
18	
19	Muy difícil
20	

y del esfuerzo realizado por el organismo. Es muy útil para las personas que se inician en un entrenamiento o para pacientes, las cuales en un primer momento no conviene "complicarles la vida" con tecnología de pulsómetros.

Las sensaciones durante la carrera pueden **variar en función de la intensidad del ejercicio:**

- **Si la intensidad es suave,** nuestra atención se centra en los factores ambientales como sonidos, vistas, etc.
- **Si la intensidad aumenta** pero sin generar fatiga, nuestra atención se centra en nuestras propias sensaciones corporales.
- **Si la intensidad comienza a ser exigente,** nos centramos en el objetivo a cumplir.
- **Si la intensidad es máxima o casi máxima,** nos centramos en nuestro propio cuerpo y en las dificultades y fatiga que estamos sintiendo.

Los dolores o la fatiga están determinados por factores psicológicos y biológicos. La PE está determinada por factores fisiológicos, pero también psicológicos y sociológicos y todos ellos interactúan a la vez. La sensación de fatiga puede depender del lugar de entrenamiento, del momento, y del estado del actual del deportista. Por lo tanto, a la hora de percibir el esfuerzo realizado e identificar un punto de la escala de Börg, entran en juego numerosas variables además de las características del ejercicio.

Figura 8. Azul: Esfuerzo progresivo y PE; Rojo: esfuerzo continuo y PE

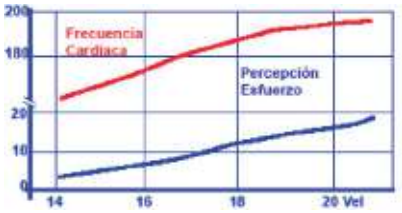


Figura 9. Relación FC y PE.

Lesiones o molestias musculares

- **Agujetas:** aparecen después del ejercicio y pueden durar 24-48h y sus principales causas son: ruptura de capilares sanguíneos, acumulación de desechos (lactato, amoniaco...) en el músculo y agotamiento de las reservas de glucógeno. Para favorecer la desaparición de estos dolores, se recomiendan baños de agua caliente, una correcta alimentación, masajes y estiramientos suaves.
- **Calambres:** es una contracción involuntaria y muy intensa del músculo que provoca dolor. Puede desaparecer rápidamente pero suele dejar un dolor que perdura varios días. Sobre todo aparecen durante el ejercicio, pero también puede aparecer en reposo. Se recomienda estirar el músculo, masajearlo, aplicarle calor y beber líquidos ricos en sales minerales. La contracción del músculo antagonista (opuesto) favorece la inhibición de la contracción del músculo acalambrado.
- **Contracturas:** es una contracción exagerada del músculo, y el deportista siente una punto duro y molesto a la palpación. Las posibles causas son fatiga, una lesión muscular no recuperada y un desorden molecular a nivel celular de potasio, sodio o calcio. Se recomienda aplicar calor, reposo, masajes, estiramientos, relajantes musculares, mesoterapia...
- **Contusiones:** es un golpe sobre el músculo que provoca las lesiones de sus fibras, y puede generar un hematoma intramuscular o hinchazón. En casos leves no impide practicar ejercicio físico, pero en casos graves puede llegar a romperse el músculo. No se

recomienda ni aplicar calor, ni estirar ni masajear, solamente aplicar frío y dar reposo relativo por 2 ó 3 días.

- **Sobre-estiramiento:** microrroturas de las fibras musculares debido a un estiramiento demasiado exagerado. Ocurre durante el ejercicio y el dolor desaparece en reposo, y se recomienda reposo total durante varios días.

- **Rotura:** es la ruptura de un número determinado de fibras musculares, provocando un dolor intenso y repentino que obliga a detener el ejercicio. Está acompañado de una hemorragia local y es debido a que el músculo ha ido más allá de sus límites elásticos. Supone alrededor del 50% de las lesiones musculares en deportistas y suele ocurrir en los isquiotibiales, debido a que suelen ser insuficientemente flexibles. Se recomienda reposo y un tratamiento médico que puede durar incluso más de 30 días en función del grado de rotura.

Además, el deportista puede sufrir lesiones articulares (esguinces), tendinosas (tendinitis, tendinosis, tenosinovitis...) u óseas (fractura por estrés, periostitis) que influyen negativamente en el rendimiento. Existen muchos tipos de lesiones y múltiples motivos por los cuales aparecen, siendo externos e internos. Un entrenamiento bien organizado, con sus sesiones de estiramientos, reposo, y programando las sesiones más una higiene de vida aceptable, el deportista minimizará las posibilidades de lesionarse. Si la lesión ocurre, el deportista intentará volver lo antes posibles, y para ello es muy importante conocer bien la lesión y sus causas, que generalmente son numerosas. Para concluir, muchas lesiones "avisan" con ciertos dolores previos que deben ser tenidos en cuenta, y es recomendable detener el entrenamiento o reducir su intensidad para prevenir la aparición de una lesión.

Ejercicios recomendados:

Figura 10. Cuadrupedia cruzada: posición I

Figura 11. Cuadrupedia cruzada: posición III

Figura 12. Ilustración 3 Dead bug

Figura 13. Plancha frontal

Figura 14. Plancha lateral visión anterior

Figura 15. Plancha lateral visión posterior

Figura 16. Plancha frontal sobre fitball

Figura 17. Plancha frontal sobre fitball con rotación de cadera

Figura 18. Puente: posición inicial

Figura 19. Puente: posición final

Figura 20. Abducción de cadera con goma: posición inicial

Figura 21. Abducción de cadera con goma: posición final

Figura 22. Inicio de zancada

Figura 23. Zancada

Figura 24. Sentadilla: posición inicial

Figura 25. Sentadilla: posición final

Figura 26. Peso muerto a una pierna: posición final

Figura 27. Swing con mancuerna: posición inicial

Figura 28. Swing con mancuerna: posición final

Figura 29. Snatch con mancuerna: recoger mancuerna

Figura 30. Snatch con mancuerna: elevación de mancuerna

Figura 31. Press Pallof en pareja con goma: posición inicial

Figura 32. Press Pallof en pareja con goma: posición final

Figura 33. Inicio de step con elevación

Figura 34. Step con elevación de peso

Figura 35. Zancada lateral: posición inicial

Figura 36. Zancada lateral: posición final

Figura 37. Rotación de cadera en sedestación: posición inicial

Figura 38. Rotación de cadera en sedestación: posición final

Figura 39. Rotación de cadera en decúbito supino: lado izquierdo

Figura 40. Rotación de cadera en decúbito supino: lado derecho

Figura 41. Movilidad de cintura escapular: posición inicial

Figura 42. Movilidad de cintura escapular: brazo derecho posición I

Figura 43. Movilidad de cintura escapular: posición inicial

Figura 44. Movilidad de cintura escapular: brazo derecho posición III inicial

Figura 45. Movilidad de cintura escapular: brazo derecho posición III final

Figura 46. Movilidad de cintura escapular: posición inicial

Figura 47. Movilidad de cintura escapular: posición IV inicial

Figura 48. Movilidad de cintura escapular: posición IV final

Figura 49. Elevación de mancuerna a una mano: posición inicial

Figura 50. Elevación de mancuerna a una mano: posición final

Figura 51. Remo con goma en pareja: Gemma sujeta y Daniel tira

Bibliografía añadida

Bibliografía añadida

- A. G. N. Agustí. Función pulmonar aplicada. Cap. 7: La circulación pulmonar. 1995. Ed. Mosby/ Doyma.
- A. P. Fishman. Tratado de Neumología, cap. 4. 2ª ed. 1991. Ed. Doyma.
- AACVPR/ACCF/AHA 2010 Update: Performance Measures on Cardiac Rehabilitation for Referral to Cardiac Rehabilitation/ Secondary Prevention Services. JACC Vol. 56,14, 2010:1159–67.
- ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. Circulation 2014; 129 /25 Suppl 2).
- ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. Med Sci Sports Exerc 2009; 84(9):776–9.
- Adams J, Cline MJ, Hubbard M, McCullough T, Hartman J. A new paradigm for post-cardiac event resistance exercise guidelines. Am J Cardiol. 2006;97:281-6.
- Adams J, Cline MJ, Hubbard M, McCullough T, Hartman J. A new paradigm for post-cardiac event resistance exercise guidelines. Am J Cardiol. 2006;97:281-6.
- Al-Mallah M et al. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an Update. Current Atherosclerosis Reports 2018; 20:1-8.
- American Association for Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs. 4th ed. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers; 2004.
- American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Performance Measures (Writing Committee to Develop Clinical Performance Measures or Cardiac Rehabilitation), Thomas RJ, King M, Lui K, Oldridge N, Piña IL, Spertus J. AACVPR/ACCF/AHA 2010. J Am Coll Cardiol. 2010 Sep 28;56(14):1159-67.
- American College of Sport Medicine. Exercise and Physical Activity for older adults. Med Sci Sports Exerc. 2009; 41 (7): 1510-1530.

- American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes-2014. Diabetes Care. 2014;37(1):14-80.
- Anderson JL, American College of Cardiology, American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee, American College of Emergency Physicians, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Thoracic Surgeons, American Association of Cardiovascular and pulmonary Rehabilitation, Society for Academic Emergency Medicine). ACC/AHA 2007 guidelines for the management of patients with unstable angina/non-ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology. J Am Coll Cardiol. 2007;50:e 1-157.
- Antman EM, Anbe DT, Armstrong PW, Bates ER, Green LA, Hand M, et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1999 Guidelines for the Management of Patients with Acute Myocardial Infarction). Circulation. 2004;110:e82.
- Atlas de anatomía cardiaca. Correlación con las técnicas de imagen. Eds MA García Fernández, JJ Gómez de Diego, IJ Núñez Gil, J Zamorano, JA Murillo González, MJ Pérez de Miguelsanz, MA Franco López, M Tomás Mallebrera, A Arjonilla López. Editorial Grupo CTO. SL. Madrid. 2012.
- B. J. Whipp. The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. Clinics in Chest Med 1994. Vol 15, nº2. Junio.
- Baciuliene K., Vainora A., Zumbakyte R., Changes of cardiovascular functional parameters in boys and girls during pubescence. Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis (Tartu, Estonia) 2001; 6: 65 – 68.
- Balady GJ. Eta al. ACSM and AHA Joint Position Statement: Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities. Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 1009-1018.
- Barbany, J. Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento. Editora Barcanova: Barcelona, 1990.
- Bernard T., Falgairelle G., Gavarry O., Bermon S., Marconnel P. Interest de la frecuence cardiaque pour evaluer la consomation d´oxigene en situation non stable d´exercice et an cours de la recuperation. Science & sports (París) 1996; 11 (2): 96 –103.

- Berne, R.; Levy, M. Fisiologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. Fisiologia. 4ª Ed. de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- Bleumink GS, Knetsch AM, Sturken boom MCJM et al. Quantifying the heart failure epidemic: prevalence, incidence rate, lifetime risk and prognosis of heart failure: the Rotterdam Study. Eur Heart J 2004; 25: 1614-19.
- Bonow RO, Noshimura RA, Thompshon PD et al Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 5: Valvular Heart Disease. JACC.2015: 66 (21) 2385-92.
- Boraita Pérez A, Baño Rodrigo A, Berrazueta Fernández JR, Lamiel Alcaine R, Luengo Fernández E, Manonelles Marqueta P et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. Rev Esp Cardiol 2000; 53: 684-726.
- Boraita y col. Guías de práctica clínica Sociedad Española Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. Rev. Esp Cardiol 2000 (53): 684-726.
- Bosco J.S., Gustafson W.F., Measurement and evaluation in physical education, fitness and sports. Englewood Cliff, N.J.: Prentice – Hall, Inc; 1983. p. 125 - 140
- Botella de Maglia J. [Etymology of the heart]. Rev Esp Cardiol. 2004 Apr;57(4):327-30.
- Bouchard C. La herencia y el descubrimiento cardiovascular para los deportes en el niño. Broustet J.P., Chousat A., en: Contraindicaciones cardiológicas para la práctica deportiva en el niño y en el adulto en: Broustet J.P. Cardiología deportiva.
- Bowers, R. Fox, E. Fisiologia del deporte. Editora Médica Panamericana: Madrid, 1995.
- Braverman AC, Harris KM, Kovacs RJ, Maron BJ. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 7: Aortic Diseases, Including Marfan Syndrome. J Am Coll Cardiol 2015; 66: 2398-2405.
- Brum, P. y Cols. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. Revista Paulista de Educação Física; USP: São Paulo, 2004.

- Buckberg GD, Nanda NC, Nguyen C, Kocica MJ. What Is the Heart? Anatomy, Function, Pathophysiology, and Misconceptions. J Cardiovasc Dev Dis. 2018, 4;5(2).
- Catapano AL, Graham I, De Backer G, Wiklund O, Chapman MJ, Drexel H et al. 2016 ESC/EAS Guidelines for the Management of Dyslipidaemias. The Task Force for the Management of Dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS). Eur Heart J. 2016;37:2999–3058.
- Chen YW, Hunt MA, Campbell KL et als. The effect of Tai-Chi on four chronic conditions – cancer, osteoarthritis, heart failure and chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analyses. Br J Sports Med 2016; 50: 397-407.
- Cholesterol Treatment Trialists' (CTT) Collaboration1, Baigent C, Blackwell L, Emberson J, Holland LE, Reith C et al. Efficacy and safety of more intensive lowering of LDL cholesterol: a meta-analysis of data from 170,000 participants in 26 randomised trials. Lancet. 2010;376:1670-81.
- Cordero A, Masiá MD, Galve E. Ejercicio físico y salud. Rev Esp Cardiol 2014; 67 (9): 784-753.
- Corrado D, Basso C, Thiene G. Pros and cons of screening for sudden cardiac death in sports. Heart 2013; 99(18):1365-73.
- Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, et al; Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive Athletes for prevention of sudden death: proposal for a common european protocol. Consensus statement of the study group of sport cardiology of the working group of cardiac rehabilitation and exercise physiology and the working group of myocardial and pericardial diseases of the european society of cardiology. Eur Heart J 2005; 26:516–24.
- Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, et al. Section of Sports Cardiology, European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the Athlete. Eur Heart J 2010; 31:243–59.

- Corrado, D.; Pelliccia, A.; Bjørnstad, H. et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. Eur Heart J 2005; 26(5):516-24.
- De Miguel, J., Chancafe, J., & Jiménez, R. The association between COPD and Heart failure risk: a review. International Journal of COPD. 2013:8 p. 305-312.
- Deng S., Huang R., Sun A., The relationship between stroke volume and heart rate during graded exercise in children. Chinese journal of sport medicine (Beijing) 1984; vol. 3: 16 – 22.
- Dhutia H, Malhotra A, Gabus V, et al. Cost implications of using different ECG criteria for screening young athletes in the United Kingdom. J Am Coll Cardiol. 2016; 68:702–711.
- Dibben GO et al. Cardiac rehabilitation and physical activity: systematic review and meta-analysis. Heart 2018;0:1–9. doi:10.1136/heartjnl-2017-312832.
- Documento de consenso sobre prevención de la fragilidad y caídas en la persona mayor. Informes, estudios e investigación 2014. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.
- Drezner JA, Ackerman MJ, Anderson J, et al. Electrocardiographic interpretation in Athletes: the 'Seattle criteria'. Br J Sports Med 2013;47:122–4.
- Dubé, BP., Vermeulen, F., & Laveneziana, P. Exertional Dypsnoea in Chronic Respiratory Diseases: from Physiology to Clinical Application. Arch. Bronconeumología. 2016.
- E. R. Weibel y C. R. Taylor. Diseño y estructura del pulmón humano. En A. P. Fishman. Tratado de Neumología, cap. 2. 2ª ed. 1991. Ed. Doyma.
- E. R. Weibel. Lung morphometry: the link between structure and function. Cell Tissue Res 2017: 367; 413-426.

- Eckel RH, Jakicic JM, Ard JD, Hubbard VS, de Jesus JM, Lee IM et al. 2013 AHA/ACC Guideline on Lifestyle Management to Reduce Cardiovascular Risk. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Circulation. 2013;128:1-46.
- Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 8: Coronary Artery Disease. J Am Col Cardiol 2015; 66: 2015-2031 http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.040.
- Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 9: Arrhythmias and conduction defects. J Am Coll Cardiol 2015; 66: 2031-2045 http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.041.
- Elliott AD et al. The role of exercise in atrial fibrillation prevention and promotion: finding optimal ranges for healthAccepted Manuscript. Heart Rhythm. DOI 10.1016/j.hrthm.2017.07.001.
- Exercise and Cardiovascular Events, Placing the Risks Into Perspective: A Scientific Statement From the American heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, et al. Circulation. 2007; 115:2358-2368.
- Exercise: the lifelong supplement for healthy ageing and slowing down the onset of frailty. J. Viña, L. Rodriguez-Mañas A. Salvador-Pascual et al. J Physiol 2016; 594: 1989-1999.
- Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents: summary report. Pediatrics. 2011; 128 (Suppl5): S213-56.
- FAO. Fats and Fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation.
- Ferrari AU, Radaelli A and Centola M. Aging and the cardiovascular system. J Appl Physiol 2003; 95: 2591-97.
- Feurstadt P, Chai A, Kligfield P. Submaximal effort tolerance as a predictor of all-cause mortality in patients undergoing cardiac rehabilitation. Clin Cardiol. 2007;30:234-38.
- Flandrois R. L´adaptation cardiorespiratoire a l´exercise chez l´enfant. Science et motricite (París); nov 1988 (6): 39 - 45.

- Fleg JL. Exercise therapy for older heart failure patients. Heart Fail Clin 2017; 3: 607-617.
- Fox, M., Keteyian, S. Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2000.
- G. M. Cooper, R. E. Hausman: La Célula. Ed. Marbán. Cap 3 y 11. 2010.
- García Ferrando M. Tiempo libre y actividades deportivas de la juventud en España. Madrid: Instituto de la juventud; 1993.
- Garrett, W. y Cols. (Trad.). A ciência do exercício e dos esportes. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- Genta FT, Tidu M, Bouslenko Z et als. Cardiac rehabilitation after transcatheter aortic valve implantation compared to patients after valve replacement. J Cardiovasc Med 2017; 18: 114-120.
- George J.D., Fisher A.G., Verhrs P.R. Test y pruebas físicas. Barcelona: Paidotribo; 1996.
- Gewandsznajder, F. Ciências: nosso corpo. Editora Ática: São Paulo, 2006.
- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for Diagnosis Management and Prevention of COPD. 2017.
- Guía Clínica de Evaluación Cardiovascular previa a la práctica deportiva en Pediatría. Sociedad Española de Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas (SECPCC) y Subdirección General de Deporte y Salud del Consejo Superior de Deportes (CSD). 2014. En www.secardioped.org.
- Guía ESC 2016 sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica. Grupo de Trabajo Conjunto de la Sociedad Europea de Cardiología y otras Sociedades sobre Prevención de Enfermedad Cardiovascular en la Práctica Clínica. Piepoli MF et al. Rev Esp Cardiol. 2016;69(10):939.e1-e87.
- Guillet R., Geneti J., Manual de medicina del deporte. Barcelona: Toray – Masson; 1975. p. 197 - 222.
- Guo H., Huang Y.S., Deng S.X. Effect of physical fitness exercise prescription on cardiac-function. Chinese journal of sport medicine (Beijing) 2001; 20 (1): 53 – 56.

- Guyton, A. Fisiologia humana. 5. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.
- Hannan et al. High-intensity interval training versus moderate intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Open Access Journal of Sports Medicine 2018:9:1–17.
- Harrison. Principios de Medicina Interna, Dennis Kasper, Anthony Fauci, Stephen Hauser, Dan Longo, J. Larry Jameson, Joseph Loscalzo. McGraw-Hill Medical.
- Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). Eur Heart J. 2017;00:1-66.
- Informe 2016: Actividad Física en niños y adolescentes en España. Fundación para la Investigación Nutricional.
- International Center for Alcohol Policies; International drinking guidelines, 2003.
- J. B. West. Fisiología respiratoria. 8ª ed. 2008. Lippincott Williams and Wilkins.
- J. B. Wittenberg, B. A. Wittenberg. Review: Myoglobin function reassessed. The Journal of Experimental Biology 2003.
- Jneid H, Anderson JL, Wright RS, Adams CD, Bridges CR, Casey D, et al. 2012 ACCF/AHA focused update of the guideline for the management of patients with unstable angina/non-ST-elevation myocardial Infarction (Updating the 2007 guideline and replacing the 2011 focused update): A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Associa- tion Task Force on Practice Guidelines. Circulation. 2012;126: 875-910.
- Jolliffe JA, Rees K, Taylor RS, Thompson D, Oldridge N, Ebrahim S. Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. Cochrane Database Syst Rev. 2001;(1):CD001800.
- Jonathan A Drezner, Sanjay Sharma, Aaron Baggish, Michael Papadakis, Mathew G Wilson, Jordan M Prutkin, Andre La Gerche, Michael J Ackerman, Mats Borjesson, Jack C Salerno, Irfan M

Asif, David S Owens, Eugene H Chung, Michael S Emery, Victor F Froelicher, Hein Heidbuchel, Carmen Adamuz, Chad A Asplund, Gordon Cohen, Kimberly G Harmon, Joseph C Marek, Silvana Molossi, Josef Niebauer, Hank F Pelto, Marco V Perez, Nathan R Riding, Tess Saarel, Christian M Schmied, David M Shipon, Ricardo Stein, Victoria L Vetter, Antonio Pelliccia, Domenico Corrado. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement. Br J Sports Med 2017;51:704–731.

- Velasco José A. et al. Guías de práctica clínica en prevención cardiovascular y rehabilitación cardíaca. Rev Esp Cardiol Vol. 53, Núm. 8, Agosto 2000; 1095-1120.
- Keeping your patient with heart failure safe: a review of potentially dangerous medications. Arch Intern Med 2004.
- Kleinfelder E. Einfache Test (Physiologie). Turnen + Sport. (Germany, Federal Republic of) 1982; 56 (7): 145 – 146.
- Kohl HW 3rd, Craig CL, Lambert EV, et al. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. Lancet. 2012; 380:294–305.
- Kokkinos P, Myers J, Kokkinos JP, Pittaras A, Narayan P, Manolis A, et al. Exercise capacity and mortality in black and white men. Circulation. 2008;117:614-22.
- Kurmi, O., Li, L., et al. Excess risk of major vascular diseases associated with Airflow obstruction: a 9-year prospective study of 0.5 million chinese adults. International Journal of COPD. 2018: 13: p. 855-865.
- Vanhees L, B Rauch, M Piepoli, F van Buuren, T Takken, M Börjesson, B Bjarnason-Wehrens, P Doherty, D Dugmore and M Halle, Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular disease (Part III), European Journal of preventive Cardiology, 2012.
- L Vanhees, J De Sutter, N Geladas, F Doyle, E Prescott, V Cornelissen, E Kouidi, D Dugmore, D Vanuzzo, M Börjesson and P Doherty, Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in defining the benefits to cardiovascular health within the general population: recommendations from the EACPR (Part I), European Journal of preventive Cardiology, 2012.

- L Vanhees, N Geladas, D Hansen, E Kouidi, J Niebauer, Z Reiner, V Cornelissen, S Adamopoulos, E Prescot, Importance of characteristics.
- La condición física saludable del anciano. Evaluación mediante baterías validadas al idioma español. J.M. Cancela, C. Ayán y S. Varela. Rev Esp Geriatr Gerontol. 2009: 44(1): 42-46.
- La utilidad de la actividad y de los hábitos adecuados de nutrición como medio de prevención de la obesidad en niños y adolescentes. Documento de consenso de la Federacion Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Manonelles P et al. Archivos de Medicina del Deporte 2008; 127(5)333-353.
- Lakatta EG, Levy D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises. Part I: aging arteries: a “set up” for vascular disease. Circulation 2003; 107: 139-146.
- Lakatta EG. Cardiovascular aging research: the next horizonts. J Am Geriatr Soc 1999; 47: 613-625.
- Le Jemtel, TH., Padeletti, M., & Jelic, S. Diagnostic and therapeutic challenges in patients with coexistent chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure. J Am Coll Cardiol. 2007; 49(2): p. 171-180.
- Legido Arce J.C., Silvarrey Varela F.J.L., Segovia Martínez J.C.. Manual de valoración funcional. Madrid: Ediciones Eurobook S.L.; 1996.
- Leite, P. Fisiologia do exercício: ergometria e condicionamento físico - cardiologia desportiva. 4. ed. São Paulo: Robe, 2000.
- Lifestyle management: Standards of medical care in diabetes 2018. Diabetes Care. Volume 41, Supplement 1, January 2018.
- Lima, D. y Cols. Cardiologia. Rio de Janeiro: MEDSI, 1989.
- Lloberes P, Durán-Cantolla J, Martínez-García MÁ, Marín JM, Ferrer A, Corral J, et al. Diagnóstico y tratamiento del síndrome de apneas-hipopneas del sueño. Arch Bronconeumol. 2011; 47(3): 143–56.
- Logan N., Reilly J.J., Grant S., Paton J.Y. Resting heart rate definition and its effect on apparent levels of physical activity in young children. Medicine and science in sports and exercise (Hagerstown, Md.) 2000; 32 (1): 162 – 166.

- Long MT, Fox CS. The Framingham Heart Study- 67 years of discovery in metabolic disease. Nature Rev Endocrinol 2016; 12: 177-83.
- López-Silvarrey FJ. Reconocimiento médico deportivo previo a la participación deportiva. Manual de Valoración Funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos. Segovia Martínez JC., López-Silvarrey FJ. Legido Arce JC. Eds. Editorial Elsevier 2007.
- Manzano Moreno J.I. Valoración de la intensidad de esfuerzos en el entrenamiento en: Guillén del Castillo M. Medicina deportiva y educación física en edad escolar. Córdoba: Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba; 1993. p. 240 – 250.
- Marinković S, Lazić D, Kanjuh V, Valjarević S, Tomić I, Aksić M, Starčević A. Heart in anatomy history, radiology, anthropology and art. Folia Morphol (Warsz). 2014 May;73(2):103-12.
- Maron BJ, Friedman RA, Kligfield P, Levine BD, Viskin S, Chaitman BR, Okin PM, Saul JP, Salberg L, Van Hare GF, Soliman EZ, Chen J, Matherne GP, Bolling SF, Mitten MJ, Caplan A, Balady GJ, Thompson PD. Assessment of the 12-Lead Electrocardiogram as a Screening Test for Detection of Cardiovascular Disease in Healthy General Populations of Young People (12-25 Years of Age). Journal of the American College of Cardiology. 2014;64(14):1479-1514.
- Maron BJ, Udelson JE, Bonow RO, Nishimura RA, Ackerman MJ, Estes NAM, Cooper LT, Link MS, Maron MS. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 3: Hypertrophic Cardiomyopathy, Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy and Other Cardiomyopathies, and Myocarditis. J Am Coll Cardiol 2015; 66: 2362-2371.
- Maron JB, Friedman AR, Klingfield P, Levine DB, Viskin S, Chaitman RB, et al. Assessment of 12-lead ECG as a screening test for detection of cardiovascular disease in healthy general populations of young people (12-25 years of age): a scientific statement from the American Heart Association and the American College of Cardiology. Circulation. 2014; 130(15):1303-34.
- Martin BJ, Arena R, Haykowsky M, Hauer T, Austford LD, Knudtson M, et al. Cardiovascular fitness and mortality after contemporary cardiac rehabilitation. Mayo Clin Proc. 2013;88:455-463.

- Martínez Parrondo y Martínez de Haro V. Valoración funcional en la edad infantil en: Guillén del Castillo M y Linares Girela D. (coord.) Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. Madrid: Editorial Panamericana; 2002. p. 439 – 453.
- Mcardle, y Cols. Fundamentos de Fisiologia do Exercício. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 2002.
- Mill M, Wilcox B and Anderson R. Surgical Anatomy of the Heart. Ch 2. In. Cardiac surgery in the adult. Edmunds L. Ed Mc Graw Hill, 1997.
- Mills NL, Miller JJ, Anand A, et al. Increased arterial stiffness in patients with Chronic obstructive pulmonary disease: a mechanism for increased cardiovascular risk. Thorax. 2008; 63(4): p. 306-311.
- Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: Classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005;45:1364-67.
- Modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular risk factors: recommendations from the EACPR (Part II), European Journal of preventive Cardiology, 2011.
- Murlasits B and Radak J The Effects of Statin Medications on Aerobic Exercise Capacity and Training Adaptations. Sports Med 2014; 44:1519–1530 DOI 10.1007/s40279-014-0224-4.
- Myerburg, R. J.; Castellanos, A. (1992). Cardiac arrest and sudden cardiac death. En: Braun-wald, E. (Ed.). Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine (pp. 756-89). Philadelphia: WB Saunders.
- National Institute for Health and Clinical Excellence MI: Secondary prevention in primary and secondary care for patients following a myocardial infarction. 2007. [consultado 20 May 2012]. Disponible en: www.nice.org.uk
- Neder, J.; Nery, L. Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática . São Paulo: Artes Médicas, 2003.
- Needs and Priorities in Cardiac Rehabilitation and secundary Prevention in Patients with Coronary Heart Disease.WHOTechnical Report Series 831. Geneva: World Health Organisation;1993.
- Noguer Molins, et al Exploración clínica práctica. Ed. Científico Médica. 24ª Edición. 1992.

- Nowotarska T., Koziol II., Falkiewicz I., Lulka D., Analiza zmian czynnosci ukladu krazenia u dzieci zdrowych po obciazeniu wysilkiem fizycznym. Pediatria polska (Poland) 1983; 58 (6): 497 – 504.
- O'Connor CM, Whellan DJ, Lee KL, et al. Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. JAMA. 2009 Apr 8;301(14):1439-50.
- Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Rio F, Güell Rous R, Morante Velez F, et al. Oxigenoterapia continua domiciliaria. Arch Bronconeumol. 50(5):185–200.
- Pahor M, Guralnik J, Ambrosius WT et als. Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE study randomized trial. JAMA 2014; 311 (23): 2387-2396.
- PAR-Q Validation Report. British Columbia Ministry of Health 1978. From Canadian Standardized Test of Fitness (CSTF) Operations Manual, 3rd Ed. With permission of Fitness Canada, Fitness and Amateur Sports Canada Otawa 1986.
- Parshall, MB., Schwartzstein, RM., et al. An oficial American Thoracic Society statement: Update on the mechanisms, assessment, and management of dyspnea. Am J Respir Crit Care Me 435-452. d. 2012; 185: p.
- Pavy B, Iliou MC, Meurin P, Tabet JY, Corone S. Safety of exercise training for cardiac patients: Results of the French registry of complications during cardiac rehabilitation. Arch Intern Med. 2006;166:2329-34.
- Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM et al. Prevalence of abnormal electrocardiograms in a large, unselected population undergoing pre-participation cardiovascular screening. Eur Heart J 2007;28(16): 2006-10.
- Piepoli MF, Conraads V, Corrà U, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur J Heart Fail. 2011 Apr;13(4):347-57.
- Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, Albus C, Brotons C, Catapano AL, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. The Sixth Joint Task Force of

the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. Eur Heart J. 2016 Aug 1;37(29):2315-2381.

- Poderys J., Snarskaite R., Silinskas V. Changes in cardiovascular systems during different modes of exercise depending on the type of chronic adptation. Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis (Tartu, Estonia) 2001; 6: 208 – 211.
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. ESC Scientific Document Group. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC)Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. Eur Heart J. 2016 Jul 14;37(27):2129-2200.
- Price KJ, Gordon BA, Bird SR et als. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus? Eur J Prev Cardiol 2016; 16: 1715-1733.
- Rai, M.; Thompson, P. D. (2011). The definition of exertion-related cardiac events. British Journal of Sports Medicine, 45 (2), pp.130-1.
- Randomized clinical trial of exercise and long-term survival in myocardial infarction patients: the National Exercise and Heart Disease Project (NEHDP). Circulation. 1999;100:1764-69.
- Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Organización Mundial de la Salud; 2010, (se pueden consultar en http://www.who.int/ dietphysicalactivity/ publications/9789241599979/es/).
- Recomendaciones nutricionales para el paciente con hipercolesterolemia. Sociedad Española de Endocrinología y nutrición.
- Ribeiro GS, Melo RD, Deres LF et als. Cardiac rehabilitation programme after transcatheter aortic valve implantation versus surgical aortic valve replacement: Systematic review and meta-analysis. Eur J Prev Cardiol 2017; 7: 688-697.
- Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, Garber CE, Whitfield GP, Magal M, Pescatello LS. Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. Med Sci Sports Exerc 2015 Nov;47(11):2473-9.

- Robergs, R.; Roberts, S. Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício: para Aptidão, Desempenho e Saúde. Phorte Editora: São Paulo, 2002.
- Roman D. Luis, Guerrero D. Bellido, García Luna P. Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo. 2010.
- Rotthwell PM, Coull AJ, Silver LE, et al. Population based study of event-rate, incidence, case fatality, and mortality for all acute vascular events in all arterial territories (Oxford Vascular Study). Lancet 2005; 366: 1773-83.
- Sánchez Bañuelos F. La actividad física orientada hacia la salud. Madrid: Biblioteca Nueva; 1996.
- Satch W., Byrd R. Endurance training and cardiovascular function in 9 and 10 year-old boys. Archives of physical medicine and rehabilitation (United States) 1979; 60 (12): 474 – 477.
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. Cardiac Rehabilitation. 2002. [consultado 2 Mar 2012]. Disponible en: www.sign.ac.uk
- Segovia J.C. L-Silvarrey F.J. Legido J.C. Manual de Valoración functional. Aspectos clínicos y funcionales. Edit. Elsevier. 2007.
- Segovia J.C. L-Silvarrey F.J. Ramos J.J. Mujer y Deporte: La salud como meta. Convenio Sanitas-UCJC. Edit Puba. 2017.
- Serafín Murillo. Diabetes tipo1 y deporte para niños, adolescentes y adultos jóvenes. 2012 EdikaMed. Barcelona.
- Serafín Murillo. La alimentación de tus niños con diabetes. (Adaptación de “La alimentación de tus niños”. AESAN, 2005).
- Serra J.R., Llach M., Métodos utilizados para cuantificar la intensidad del trabajo físico en: Serra J.R. (Coordinador). Prescripción de ejercicio físico para la salud. Barcelona: Paidotribo; 1996. p. 117 - 140.
- Shapiro et al. Manejo clínico de los gases sanguíneos. 5ª ed. Ed. Panamericana.
- Shephard R.J. Exercise testing and training in the middle – aged en: Shepard R.J. y Miller H.S Jr. Exercise and the heart in health and disease. New York: Marcel Decker, Inc; 1999.
- Smith SC, Benjamin EJ, Bonow RO, Braun LT, Creager MA, Franklin BA, et al. AHA/ACCF secondary prevention and risk reduction

therapy for patients with coronary and other atherosclerotic vascular disease: 2011 Update. A guideline from the American Heart Association and American College of Cardiology Foundation. Circulation. 2011;124:2458-73.

- Sobotta, Atlas de anatomía humana. Tomo 2. 20 ed. ED Médica Panamericana. 1994.
- Sociedad Española de Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas (SECPCC) y subdirección general de deporte y salud del consejo superior de deportes (CSD) (2015), Guía clínica de evaluación cardiovascular previa a la practica deportiva en pediatría, Madrid, España, pp. 43-60.
- Sociedad española de Cardiología, fundación del corazón. www.fundacióndelcorazón.com
- Sociedad Española de Hipertensión. Guía española de la hipertensión arterial 2005.
- Sociedad española de Rehabilitación Cardiorrespiratoria www.sorecar.org
- Sport et Vie. https://www.sport-et-vie.com
- Squires RW, Kaminsky LA, Porcari JP, Ruff JE, Savage PD, Williams MA. Progression of Exercise Training in Early Outpatient Cardiac Rehabilitation: An Official Statement From The American Association Of Cardiovascular And Pulmonary Rehabilitation. J Cardiopulm Rehabil Prev. 2018;38:139-46.
- St-Onge MP, Grandner MA, Brown D, y cols. Sleep duration and quality: Impact on lifestyle behaviors and cardiometabolic health. Circulation 2016; 134:00-00; DOI:10.1161/CIR.0000000000000444.
- T Takken, A Giardini, T Reybrouck, M Gewillig, HH Hövels-Gurich, PE Longmuir, BW McCrindle Recommendations for physical activity, recreation sport, and exercise training in paediatric patients with congenital heart disease: a report from the Exercise, Basic & Translational Research Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the European Congenital Heart and Lung Exercise Group, and the Association for European Paediatric Cardiology, European Journal of preventive Cardiology, 2011.

- Tercedor P. Actividad física, condición física y salud. Sevilla: Editorial Wanceulen; 2000.
- Tercedor P., López B., Almond L. El ejercicio físico y la salud en la escuela en: Devís J., Peiró C. Nuevas perspectivas curriculares en Educación Física: La salud y los juegos modificados. Barcelona: Inde; 1992.
- Tercedor Sánchez P., Delgado Fdez M. Modalidades de práctica de actividad física en el estilo de vida de los escolares. Educación física y deportes [on line]. Agosto 2000, año 5, nº 24. Disponible en: http://www.efdeportes.com/ efd24b/estilo.htm
- Termómetro del sedentarismo en España: Informe de la inactividad física y el sedentarismo en la población adulta española. Xian Mayo, Fernando del Villar, Alfonso Jiménez. URJC. Fundación Activa Ed. 2017.
- Thompson PD, Buchner D, Piña IL et al. Exercise and physical activity in the prevention and threatment of atherosclerotic cardiovascular disease. Circulation 2003; 107: 3109-3116.
- Tuero C., Márquez S., de Paz J.A. Análisis de un modelo de cuestionario de la actividad física durante el tiempo libre (II): validación y adaptación a la población española del LTPA. Educación física y deportes [on line] Diciembre de 2000, año 5, nº 28. Disponible en: http://www.efdeportes.com/efd28/adcuest.htm
- Van Hare GF, Ackerman MJ, Evangelista JK, Kovacs RJ, Myerburg RJ, Shafer KM, Wanes CA, Washington RL. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 4: Congenital Heart Disease. J Am Coll Cardiol 2015; 66: 2372-2384.
- Volodalen. https://volodalen.com/index.htm
- Warburton DEL. Et al. A Systematic Review of the evidence for Canada´s Physical activity guidelines for adults. Int J Behav Nutr Phys Act 2010; 7: 39.
- Weiner RB, Hutter AM, Wang F et al. Performance of the 2010 European Society of Cardiology criteria for ECG interpretation in athletes. Heart 2011; 97(19):1573-7.

- Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C et al. 2017. ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Hypertension. 2018;71(6):1269-1324.
- WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. 2003.
- Wilmore, J. ; Costill, D. Fisiologia do esporte e do exercício. 2. ed. Barueri: Manole, 2001.
- Zipes, D. P.; Wellens, H. J. (1998). Sudden cardiac death. Circulation, 98, pp. 2334-51.

Sanitas

En **Sanitas Hospitales** cuidamos de tu salud: nuestro propósito es ofrecer **vidas más largas, más sanas y más felices.**

Esta obra, escrita por especialistas de nuestros hospitales en colaboración con los expertos de la Universidad Camilo José Cela, pone de manifiesto nuestro **compromiso con la divulgación del conocimiento** en aras de la **mejora de la salud cardiovascular** de todo tipo de deportistas.

Hospital Universitario La Moraleja
hospitallamoraleja.es

Hospital Universitario La Zarzuela
hospitallazarzuela.es

Hospital Virgen del Mar
hospitalvirgendelmar.es